

Aus der Klinik für  
Unfall-, Hand- und Wiederherstellungschirurgie  
der Johann Wolfgang Goethe-Universität  
Frankfurt am Main  
Direktor: Prof. Dr. med. I. Marzi

und dem  
Frankfurter Institut für Rettungsmedizin & Notfallversorgung  
der Berufsfeuerwehr Frankfurt am Main

## **Evaluation der präklinischen Sonographie traumatisierter Patienten**

### **DISSERTATION**

zur Erlangung des Doktorgrades der Medizin  
des Fachbereichs Medizin der  
Johann Wolfgang Goethe-Universität Frankfurt am Main

vorgelegt von

**Thomas Kirschning**  
(Vor- und Zuname)

**Bünde**  
(Geburtsort)

Frankfurt am Main, 2006

Dekan : Prof. Dr. J. Pfeilschifter  
Referent : Prof. Dr. I. Marzi  
Korreferent : Priv.-Doz. Dr. C. Byhahn

Tag der mündlichen Prüfung : 11.09.2006

---

**Meinen Eltern in Dankbarkeit  
für ihre liebevolle  
und unermüdliche  
Unterstützung**



<b>Zusammenfassung.....</b>	<b>06</b>
<b>Summary.....</b>	<b>07</b>
<b>1. Einleitung .....</b>	<b>08</b>
<b>2. Erfassung des wissenschaftlichen Umfeldes.....</b>	<b>10</b>
2.1 Stellenwert traumatischer Verletzungen.....	10
2.1.1 Bedeutung des Traumas für Individuum und Gesellschaft.....	11
2.1.2 Geschichtlicher Überblick über die Traumaversorgung.....	12
2.1.3 Thorakale und abdominelle Verletzungen.....	13
2.1.3.1 Thorakale Verletzungen.....	14
2.1.3.2 Abdominelle Verletzungen.....	14
2.2 Diagnostik.....	16
2.2.1 Klinische Diagnostik abdomineller Verletzungen.....	16
2.2.1.1 Sonographie.....	16
2.2.1.2 Peritoneallavage.....	17
2.2.1.3 Computertomographie.....	17
2.2.1.4 Angiographie.....	17
2.2.2 Präklinische Diagnostik abdomineller Verletzungen.....	18
2.2.2.1 klinische Untersuchung.....	19
2.2.2.2 systemische Kreislaufparameter.....	19
2.3 Management abdomineller Verletzungen .....	20
2.3.1 Konservative Therapie.....	20
2.3.2 Chirurgische Therapie.....	20
2.4 Charakteristika klinischer und präklinischer Versorgungsstrukturen.....	22
2.4.1 Klinische Versorgungsstrukturen.....	22
2.4.1.1 Bedeutung von Algorithmen in der Klinik.....	22
2.4.2 Präklinische Versorgungsstrukturen.....	24
2.4.2.1 Bedeutung des Zeitfaktors in der Präklinik.....	25
2.4.2.2 Bedeutung von Algorithmen in der Präklinik.....	26
<b>3. Fragestellung.....</b>	<b>29</b>

<b>4. Studiendesign und Methode.....</b>	<b>30</b>
4.1 Abgrenzung der Aufgaben des Rettungsdienstes.....	30
4.1.1 Primär-, Sekundäreinsatz .....	32
4.1.2 Leitstelle.....	33
4.2. Studienzeitraum, Studienort.....	34
4.2.1 Struktur.....	36
4.2.2 Bevölkerung.....	36
4.3 Patientenkollektiv.....	36
4.4 Versuchsaufbau.....	37
4.4.1 Ultraschallgeräte.....	37
4.4.2 Dokumentation.....	40
4.5 Untersuchungsablauf.....	41
4.5.1 Anatomische Voraussetzung / Nachweis freier Flüssigkeit.....	43
4.5.2 Untersuchungsmethode.....	45
4.5.2.1 FAST.....	45
4.5.2.2 Verlaufsdokumentation / Verlaufskontrolle.....	50
<b>5. Ergebnisse.....</b>	<b>54</b>
5.1 Machbarkeitsaspekte.....	60
5.1.1 Größe des Ultraschallgerätes.....	60
5.1.1.1. Erprobung im bodengebundenen Rettungsdienst.....	60
5.1.1.2 Erprobung in der Luftrettung.....	62
5.1.2 Zeitdauer für die Ultraschalldiagnostik.....	62
5.1.3 klinische Verdachtsdiagnose.....	63
5.2 Auswirkungen auf das Management vor Ort.....	64
5.2.1 Änderung des therapeutischen Managements.....	64
5.2.2 Änderung in der Wahl der Zielklinik.....	64
5.3 Auswirkungen auf die Kommunikationsstruktur.....	66
5.3.1 Anmeldung über die Leitstelle.....	66
5.3.2 Zeitvorsprung für die aufnehmende Klinik.....	67
5.4 Einbindung der präklinischen Sonographie in Algorithmen.....	69
5.5 Modifikation des Ultraschallgerätes.....	73
5.5.1 Erprobung im Notarztdienst (Frankfurt am Main 2003).....	79
5.5.2 Erprobung beim Massenansturm von Verletzten (Berlin 2003).....	79
5.5.3 Erprobung in der Wüste (2003).....	81
5.5.4 Erprobung beim IFOR-Einsatz der Bundeswehr (Afghanistan 2003).....	82

<b>6. Diskussion.....</b>	<b>83</b>
6.1 Machbarkeit der präklinischen Sonographie.....	83
6.1.1 Praktikabilität der Sonographie mit einem handelsüblichen Gerät.....	83
6.1.2 Praktikabilität hinsichtlich der Untersuchungsbedingungen .....	84
6.1.3 Praktikabilität der Ultraschalluntersuchung hinsichtlich des Zeitbedarfs.....	85
6.2 Sensitivität und Spezifität der Erkennung abdomineller Blutungen.....	86
6.2.1 hinsichtlich des klinischen Befundes / der Verdachtsdiagnose .....	86
6.2.2 hinsichtlich der präklinischen Sonographie.....	80
6.3 Änderungen in der Therapie bzw. des Managements vor Ort .....	90
6.4 Änderung des Zielkrankenhauses .....	93
6.5 Optimierung der Kommunikationswege.....	96
6.6 operative Versorgungsstrategie in der Klinik.....	99
 <b>7. Schlussfolgerung.....</b>	 <b>100</b>
 <b>8. Literaturverzeichnis.....</b>	 <b>101</b>
 <b>9. Danksagung.....</b>	 <b>112</b>
 <b>10. Curriculum vitae.....</b>	 <b>113</b>
 <b>11. Veröffentlichungen &amp; Vorträge.....</b>	 <b>114</b>
 <b>12. Erklärung.....</b>	 <b>117</b>





## **Zusammenfassung**

Die technische Entwicklung kleiner, mobiler Ultraschallgeräte erlaubt den Einsatz der Sonographie auch außerhalb der Klinik. In der vorliegenden Arbeit wird untersucht, ob die präklinische Sonographie mit einem mobilen Ultraschallgerät eine praktikable Methode darstellt, um am Unfallort abdominelle Blutungen zu diagnostizieren und inwieweit dies Einfluß auf die Therapie und das Management schwerverletzter Patienten hat.

Die präklinische Sonographie wurde an 61 Patienten durchgeführt, bei denen eine intraabdominelle Verletzung nicht auszuschließen war. Unmittelbar nach Klinikaufnahme wurde der präklinisch festgestellte Ultraschallbefund mittels erneuter Ultraschalluntersuchung bzw. Computertomographie des Abdomens im Rahmen der Schockraumdiagnostik kontrolliert. Bei einer Untersuchungsdauer von durchschnittlich  $2.8 \pm 1.2$  min wurde bei 16 Patienten (26.2 %) freie Flüssigkeit gefunden, 7 mit massivem, 9 mit diskretem pathologischen Befund. 4 der Patienten mit ausgeprägtem Befund wurden unmittelbar nach Klinikaufnahme laparotomiert und 3 aufgrund einer Milzruptur splenektomiert. Drei Patienten verstarben am Unfallort u.a. aufgrund ihrer abdominellen Verletzungen. Die präklinische Sonographie ergab schließlich ein falsch positives Ergebnis, jedoch kein falsch negatives Ergebnis, welches eine Spezifität von 97,9% und eine Sensitivität von 100% ergibt. In 36% der Einsätze wurde das präklinische Management modifiziert und in 21% aufgrund der sonographischen Diagnose die Wahl der Zielklinik beeinflusst. Die präklinische Sonographie hat sich als sichere und fehlerarme Methode zur präklinischen Diagnostik abdomineller Blutung bewährt und stellt für den Einsatz im Notarztdienst eine sinnvolle Erweiterung der Diagnostik dar.

Die Pilotstudie war Grundlage für eine Multicenterstudie der Deutschen Rettungsflugwacht, die klären soll, ob die präklinische Sonographie generell für den Einsatz im Rettungsdienst empfohlen werden kann.

## **Summary**

### **OPTIMIZED MANAGEMENT OF POLYTRAUMATIZED PATIENTS BY PREHOSPITAL ULTRASOUND**

The purpose of the study was to evaluate the feasibility and the benefit of focused abdominal sonography for trauma (FAST) on scene.

Prehospital ultrasound was performed on 61 patients being suspicious for abdominal trauma. Free fluid in the Koller's and Morison's pouch, pelvis and pleural space was investigated. After admission routine ultrasound and computer tomography scan was obtained to control prehospital findings.

The mean investigation time was  $2.8 \pm 1.2$  min. In 16 patients (26.2 %) free fluid was detected with 7 massive and 9 moderate findings. 3 patients died on the scene due to their abdominal injuries. 4 patients underwent laparotomy immediately after admission with 3 splenectomies performed. There was one false positive but no negative FAST resulting in a specificity of 97.9% and sensitivity of 100%. In 36% of the cases the prehospital management was modified and hospital selection was influenced in 21 % of the cases due to the findings of the FAST.

In the present study the data have shown that the prehospital ultrasound is a useful and reliable tool for diagnostic procedure on the scene. The data are the basis for a multicenter study in the german air rescue service. This study will try to answer the question whether prehospital ultrasound may be generally recommended in trauma patients suspicious for abdominal trauma.

## 1. Einleitung

Die Notfallmedizin stellt eine hohe Herausforderung an den behandelnden Arzt dar. Sie ist gekennzeichnet durch vitale Bedrohungen des Patienten, die eine schnelle Diagnostik, Therapie und logistische Entscheidung vom Arzt erforderlich machen.

In der präklinischen Notfallmedizin kommen die schwierigen und widrigen Verhältnisse unter der die Diagnostik und Therapie geleistet werden muß hinzu.

Der Notarzt muß sich hier einem breiten Spektrum an Notfällen stellen, die von internistischen Notfällen bis komplex traumatologischen Notfällen aller Art reichen. Von dem in diesem Gebiet tätigen Arzt wird verlangt, daß er alle Notfälle ebenso sicher beherrscht, wie die seines eigenen Fachgebiets. Ihm stehen hier aber vor allem nicht die übersichtlichen und koordinierten Arbeitsverhältnisse und im besonderen nicht die diagnostischen Möglichkeiten der Klinik zur Verfügung.

Dabei ist er aufgrund fehlender diagnostischer Möglichkeiten häufig auf seine klinische Erfahrung in dem jeweiligen Gebiet angewiesen, er müßte präklinisch einen akuten Blutverlust ebenso sicher diagnostizieren können wie einen Herzinfarkt.

In der Infarktdiagnostik stehen ihm dabei mittlerweile diagnostische Hilfsmittel wie beispielsweise das 12-Kanal-EKG zur Objektivierung und Diagnosesicherung zur Verfügung. Das Trauma und im besonderen das Polytrauma stellt den Notarzt vor eine besondere Herausforderung. Es ist gekennzeichnet durch eine Vielzahl von Verletzungen, die vor Ort nur schwer erkannt werden können, vor allem Verletzungen des Abdomens bleiben sehr häufig unerkannt. [88]. Beim Traumapatienten bleibt dem Notarzt fast ausschließlich die rein klinische Blick- und Verdachtsdiagnose mit einem sehr hohen Anteil an Unsicherheit [30,88].

Das abdominelle Trauma stellt nach wie vor in der Diagnostik einen erheblichen Unsicherheitsfaktor dar, so daß vor Ort viele Unsicherheiten bei der Diagnose dieses mit einer hohen Primärmortalität behafteten Patientengutes möglich sind [77].

Das Abdominaltrauma nimmt einen zentralen Stellenwert in der präklinischen und frühen klinischen Versorgung polytraumatisierter Patienten ein. Abdominelle Massenblutungen sind neben der schweren Schädel-Hirn-Verletzung die wesentliche Ursache der Todesfälle nach Polytraumatisierung.

40% der Todesfälle, die sich innerhalb von 24 Stunden nach dem Unfall ereignen, sind auf abdominelle Massenblutungen in Kombination mit schweren Beckentraumen zurückzuführen [77,78].

Die Problematik der hohen Letalität nach Abdominal- und Beckentrauma liegt im Management der präklinischen und frühen klinischen Phase sowie der chirurgischen Akutversorgung. Dem Faktor Zeit kommt dabei eine ganz besonders tragende Rolle zu. Aufgrund fehlender diagnostischer Möglichkeiten am Unfallort ist das Abdominaltrauma eine besonders schwierig zu beurteilende Verletzung und stellt den Notarzt und das Rettungsteam vor besondere Herausforderungen. Die entscheidende Frage, ob eine lebensbedrohliche abdominelle Massenblutung vorliegt, muss zunächst unbeantwortet bleiben, da die klinische Untersuchung die Diagnosestellung auch bei ausgeprägtem Befund nur selten erlaubt. In einigen Analysen zur Evaluierung der Diagnosesicherheit von Notärzten musste konstatiert werden, dass die Einschätzung sowohl abdomineller als auch thorakaler Traumen erhebliche Fehlerquoten aufweist [88]. Trauma-Patienten imponieren, im Gegensatz zum übrigen notfallmedizinisch versorgten Patientenkollektiv, als jünger und werden nicht selten aus dem Status der vollkommenen Gesundheit mit dem Trauma konfrontiert [56]. Rettungskräfte finden deshalb häufig initial einen mehr oder weniger kompensierten, bzw. kompensiert erscheinenden Mehrfachverletzten nach schwerem Trauma vor, so daß die noch wirksame Kompensation des systemischen Kreislaufes von der Möglichkeit einer schweren abdominellen oder thorakalen Blutung ablenkt [56]. Dringend zu klärende therapeutische und rettungstechnische Entscheidungen am Unfallort können daher nicht mit ausreichender Sicherheit gefällt werden. Aus diesem Grund ist eine Optimierung des präklinischen Managements in Bezug auf abdominelle Verletzungen nur durch zusätzliche diagnostische Möglichkeiten zu erreichen.

Eine zusätzliche Untersuchungstechnik am Unfallort zur Beurteilung von Verletzungen des Stammes, wie die Ultraschalluntersuchung, würde die Diagnosesicherheit erheblich steigern und hätte Konsequenzen auf das weitere präklinische und klinische Management. So hätte die Kenntnis einer abdominellen Massenblutung erheblichen Einfluss auf die präklinische Therapie, wie beispielsweise gegebenenfalls eine Modifikation der präklinischen Volumengabe.

Weiterhin ist das logistische Management eines Schwerverletzten davon abhängig zu machen, ob eine abdominelle Massenblutung vorliegt, denn bereits während der Primärversorgung muss geklärt werden, welches geeignete Krankenhaus angefahren bzw. angefliegen werden kann, um die vorliegenden Verletzungen unmittelbar versorgen d.h. eine Notfallaparotomie durchführen zu können. Zudem ist die Optimierung des frühen klinischen Managements u.a. abhängig von der Informationsweitergabe des Vor-Ort diagnostizierten Verletzungsmusters. Es gilt eine Optimierung der Logistik zu erreichen, da zeitliche Verzögerungen innerhalb des frühen klinischen Managements entstehen können, die unter Umständen als prognoseentscheidend eingestuft werden müssen [23].

Ziel der vorliegenden Arbeit ist es zu untersuchen, ob die präklinische Sonographie mit der ihr heute zur Verfügung stehenden technischen Möglichkeiten imstande ist, das präklinische Traumamanagement zu optimieren.

## **2. Erfassung des wissenschaftlichen Umfeldes**

Folgende Daten sollen den Stellenwert der Traumatologie von Verletzungen in der Notfallmedizin darstellen, sowie die Bedeutung des Traumas für Individuum und Gesellschaft beleuchten. Weitere Daten geben einen geschichtlichen Überblick über die Traumaversorgung, die bedeutend ist und im Zusammenhang erläutert wird.

### **2.1 Stellenwert traumatischer Verletzungen**

In der Bundesrepublik Deutschland erleiden jährlich etwa 10% der Bevölkerung – 8,2 Mio. Bürger im Jahr 1992 – bei Unfällen Verletzungen, die eine ärztliche Behandlung erforderten. Davon werden ungefähr 300 000 Personen als polytraumatisiert bezeichnet [74]. Das Auftreten mehrerer schwerer Verletzungen unterschiedlicher Körperregionen, wobei wenigstens eine davon oder die Kombination mehrerer lebensbedrohlich ist, bildet die Definition eines Polytraumas [124].

Das Trauma ist nach Herzerkrankungen, Tumorleiden und zerebrovaskulären Erkrankungen die vierthäufigste Todesursache in allen Altersgruppen und noch immer die häufigste Todesursache im Alter bis 50 Jahre.

Die Zahl der Getöteten ist in den letzten 30 Jahren drastisch gesunken, noch vor 30 Jahren waren 1,1 Mio Verkehrsunfälle mit ungefähr 500 000 Verletzten einschließlich etwa 20 000 Getöteter zu verzeichnen. Im Jahr 2000 wurden 2,4 Mio Verkehrsunfälle mit etwa 530 000 Verletzten und 7800 Toten registriert [81]. Dies stellt eine Abnahme der Todesfälle um 65% dar. Das Polytrauma hat sich bei meist hoher Unfallschwere heute zu mehr jungen Personen verschoben [81].

### **2.1.1 Bedeutung des Traumas für Individuum und Gesellschaft**

Das Trauma hat erhebliche soziale und ökonomische Bedeutung für das Individuum und die Gesellschaft.

In den USA werden für die akute Traumabehandlung und die Folgekosten zwischen 75 und 180 Mrd. Dollar jährlich ausgegeben. In Deutschland werden die Folgekosten eines Todesfalles nach Trauma auf etwa 1,5 Mio. DM pro Patient geschätzt. Überlebende Patienten verursachen wenigstens 250 000 DM Kosten pro Person [74]. Neben dem Kostenaspekt ist die Unfallfolge nach wie vor bei jungen Menschen die Hauptursache von Körperbehinderungen und Verlust an produktiven Lebensjahren.

Falls die Patienten ihre schweren Verletzungen überleben, so arbeiten nach Langzeituntersuchungen die unter 25 jährigen zu 49% in ihrem alten Beruf, 27% werden umgeschult, 8% sind arbeitslos und 3% erhalten eine Vollrente. Bei den über 25jährigen sind immerhin 24% zu ihrem ursprünglichen Arbeitsplatz zurückgekehrt, 12% erhalten eine Umschulung, 7% sind arbeitslos und 44% erhalten eine (Teil-) Rente [74].

### **2.1.2 Geschichtlicher Überblick über die Traumaversorgung**

Die Notfallmedizin als interdisziplinärer Bereich hat sich weltweit, aber auch speziell in Deutschland, erst von Anfang der 60er Jahre entwickelt, inzwischen hat das notärztliche System die reine Transportleistung des Rettungsdienstes aus den 60er Jahren inzwischen flächendeckend abgelöst. Der Notfallpatient kommt heute nicht mehr zum Arzt, sondern wie schon 1938 vom Heidelberger Chirurgen Martin Kirschner gefordert, der Arzt zum Patienten [01]. Stand früher die reine Transportleistung im Vordergrund, so setzte sich die intensivmedizinische Betreuung mit Ausschöpfung aller diagnostischen und frühen therapeutischen Möglichkeiten durch, getragen von der Vorstellung, das freie therapeutische Intervall so weit wie möglich zu reduzieren [01]. Bis Ende der 50er Jahre prägten Verletzte, bedingt durch die ständig zunehmende Zahl der Verkehrsverletzten das präklinisch zu versorgende Patientengut.

Zu dieser Zeit waren fast ausschließlich Chirurgen mit einer auf das Trauma ausgerichteten Entwicklung in der präklinischen Versorgung tätig.

Zum einen kamen Ärzte mit Arzttasche ausgestattet in Funkstreifenwagen, insbesondere auf Autobahnen zum Einsatz, zum anderen wurden neue technische Möglichkeiten genutzt und kleine OP-Räume in neue, moderne Fahrzeuge integriert und zum Notfallpatienten gebracht, wie 1957 das von K.H. Bauer eingesetzte Heidelberger Clinomobil, einen als Operationswagen eingerichteten Bus [01]. Die personelle Besatzung und Ausstattung ermöglichten operative Eingriffe bereits am Ort des Geschehens. Als der Kölner Chirurg Viktor Hoffmann ebenfalls 1957 einen Notfallarztwagen vorstellte, der in der Ausstattung einem ärztlichen Behandlungsraum vergleichbar war und in dem alle Maßnahmen zur Stabilisierung vitaler Funktionen durchführbar waren definierte er die bis heute gültige Zielsetzung einer gültigen Soforttherapie: „Wir wollen das Überleben sichern, die Geschädigten transportfähig machen, aber keine Maßnahmen durchführen, die in der Klinik noch rechtzeitig und besser vorgenommen werden können. Der fahrbare Operationssaal erscheint uns zu viel, der Arztkoffer zu wenig“ [01].

Das Clinomobil erwies sich schnell als zu wenig wendig und ungeeignet. Die Erfahrungen zeigten, daß Vor-Ort nicht operiert werden mußte, es galt lediglich das Überleben zu sichern.

Im Rahmen der Weiterentwicklung des Rettungsdienstes wird in Deutschland die Diskussion geführt, welchen Beitrag die präklinische notärztliche Versorgung notwendigerweise leisten und effektiver gestalten kann. Durch hohen Kostendruck und schwierig zu leistende Wirksamkeitsnachweise muß der Rettungsdienst sich ständig analysieren lassen, welche Maßnahmen in der Präklinik sinnvoll und unterstützenswert sind und welche Gerätschaften für diese Ziele notwendig erscheinen. Stand früher allein die Sicherung der Vitalfunktionen im Vordergrund, so werden heute die verschiedenen Notfallbilder zum Teil sehr differenziert vor Ort therapiert.

### **2.1.3. Thorakale und abdominelle Verletzungen**

Die Häufigkeit von Thorax- bzw. Abdominalverletzungen beim Polytrauma nimmt mit zunehmender Gesamtverletzungsschwere des Patienten zu. So betrug der Anteil der beiden Rumpfverletzungen im prospektiv erfassten Patientenkollektiv des Traumaregisters der „Arbeitsgemeinschaft Polytrauma“ der DGU bei 1037 Patienten (mittl.ISS:22Punkte) 46% bzw.18% [05], wohingegen im Krankengut der Arbeitsgruppe Nast-Kolb [75], ebenfalls prospektiv erfasster Schwerverletzter (n=195, mittl.ISS:40 Punkte) diese 63% bzw. 43% ausmachten.

In der Literatur wird nachgewiesen, daß thorakale und abdominelle Verletzungen mit einer erhöhten Sterblichkeit einhergehen. Diese betrifft für das Abdominaltrauma vor allem die durch Massenblutungen bedingte Frühletalität innerhalb der ersten Stunden, wohingegen die Folgen schwerer thorakaler Verletzungen vor allem für das sekundäre Versterben verantwortlich gemacht werden [75].



### **2.1.3.1 Thorakale Verletzungen**

Bei ca. 10% aller Unfallverletzungen findet eine Traumatisierung des Thorax mit einer Letalität von 5-10% statt. Bei polytraumatisierten Patienten ist in über 50% der Fälle mit einer Verletzung des Thorax zu rechnen. Dabei findet sich bei über 90% der Verunfallten ein geschlossenes Thoraxtrauma, nur 10% der Traumen sind offene Verletzungen.

Ursache des Thoraxtraumas ist in meisten Fällen stumpfe Gewalteinwirkung wie das Anpralltrauma an Gurt oder Lenkrad beim Verkehrsunfall, Stürze aus größerer Höhe, Tritte, Schläge vor den Brustkorb. Penetrierende Gewalteinwirkungen wie Pfählungsverletzungen, Messerstiche oder Schussverletzungen sind in Deutschland deutlich seltener als in den USA bzw. in vielen Kriegs- oder Krisengebieten. Beim Thoraxtrauma können alle thorakalen Strukturen verletzt werden: Dazu gehören knöcherne Verletzungen der Rippen und Wirbelsäule, Verletzungen der Trachea, der Pleura, des Lungenparenchyms, sowie Herz und Gefäßverletzungen, Zwerchfell und Ösophagusrupturen [56].

### **2.1.3.2 Abdominelle Verletzungen**

Die Inzidenz des Abdominaltraumas ist bei jüngeren Patienten bis 35 Jahre ist mit ca. 22% etwa doppelt so hoch wie beim Verletzten über 60 Jahre, in mehr als 90% der Fälle liegen Zusatzverletzungen vor. So wiesen 60% dieser Patienten auch ein begleitendes Thoraxtrauma auf. Am häufigsten sind parenchymatöse Organe betroffen, wobei Verletzungen der Milz häufiger (s.u.) als die der Leber auftreten. Hohlorganverletzungen oder Pankreasverletzungen dagegen werden mit 0,5-2% Häufigkeit deutlich seltener vorgefunden [09].

Abdominelle Massenblutungen sind neben der schweren Schädel-Hirn-Verletzung die wesentliche Ursache der Todesfälle nach Polytraumatisierung.

Nast-Kolb konnte in einer großen retrospektiven Analyse zeigen, dass mehr als 40% der Todesfälle, die sich innerhalb von 24 Stunden nach dem Unfall ereignen, auf schwere abdominelle Massenblutungen in Kombination mit schweren Beckentraumen

zurückzuführen sind [77]. In einer anderen retrospektiven Studie an 342 polytraumatisierten Patienten, die wegen eines stumpfen Bauchtraumas laparotomiert wurden, wurde bei 156 (45,6%) eine intraabdominelle Massenblutung gefunden. Von diesen Patienten mit Blutung verstarben 83 (53,2%), davon 38 (45,8%) innerhalb der ersten 24h nach dem Trauma.

Verletzungen der Milz führten mit 62,6%, Verletzungen der Leber mit 47,7%, des Mesenteriums mit 27,8%, des Kolons mit 17,5%, des Duodenums mit 11,7% und des Magens folgen mit 3,8% [80].

Beim abdominalen Trauma werden penetrierende Traumen von stumpfen Bauchtraumen unterschieden. Das stumpfe Bauchtrauma, häufig Folge von Verkehrsunfällen, überwiegt gegenüber penetrierenden Bauchtraumen, die durch Schuß- und Stichverletzungen im Rahmen krimineller Handlungen entstehen. Beim stumpfen Bauchtrauma kommt es vor allem zu Rupturen von Kapsel und Parenchym. Grund hierfür ist die Kapsel, das Parenchym und die Fixierung durch Bänder [09]. Beim penetrierenden Trauma durch Schussverletzungen ist die Verletzung der intraabdominellen Organe Leber und Dünndarm besonders häufig.

Bei Schußverletzungen des Stammes muss mit einer Wahrscheinlichkeit von über 85 % mit einer intraabdominellen oder -thorakalen Verletzung gerechnet werden. Selbst bei Schüssen in die Flanke besteht noch eine Wahrscheinlichkeit von ca. 30 % für eine intraabdominelle Beteiligung.

Bei Stichverletzungen kann durch die Lokalisation des Einstichs nicht unbedingt auf eine intraabdominelle oder thorakale Verletzung geschlossen werden. Etwa 30% der abdominalen Stichverletzungen zeigen keine Verletzung des Peritoneums [09].

## **2.2 Diagnostik**

### **2.2.1. Klinische Diagnostik abdomineller Verletzungen**

In der Klinik stehen neben der klinischen Untersuchung und der Peritoneallavage sowie der Sonographie die Computertomographie und Angiographie zur Diagnostik abdomineller Verletzungen zur Verfügung.

#### **2.2.1.1 Sonographie**

Die abdominelle Sonographie ist seit mehreren Jahrzehnten eine Standarduntersuchung im Schockraum [06,33,69,121]. Zur Basisdiagnostik bei stumpfen oder penetrierenden Bauchtrauma hat sich die Sonographie als Screeningmethode der Wahl durchgesetzt. Sie hat die diagnostische Peritoneallavage zur Diagnostik freier abdomineller Flüssigkeit sowohl in europäischen als auch mittlerweile in angloamerikanischen Ländern abgelöst [06]. Die Sonographie wird von Unfallchirurgen, Visceralchirurgen oder Radiologen unmittelbar nach Aufnahme des Patienten durchgeführt.

Dies betrifft vor allem den kreislaufinstabilen Patienten, bei dem die Diagnostik des Abdomens als Ursache des fulminanten Blutverlustes lebenswichtig ist [09]. Der sonographische Nachweis freier abdomineller Flüssigkeit reicht aus, um bei kreislaufinstabilen Patienten auf weitere Diagnostik zu verzichten und unmittelbar eine Notfallaparotomie durchzuführen [121]. Die Verifizierung des sonographischen Untersuchungsbefundes mittels abdomineller Computertomographie kreislaufinstabiler Patienten ist durch die hohe Sensitivität und Spezifität der Untersuchungsmethode nicht sinnvoll [42].

Die Untersuchung des Abdomens mit 4 Standardschnitten sowie der Zwerchfellwinkel und des Perikards erlaubt in kürzester Zeit eine abdominelle Verletzung als Ursache einer Blutung zu lokalisieren oder auszuschließen.

### **2.2.1.2 Peritoneallavage**

Die Peritoneallavage wird in den meisten Ländern, die über eine organisierte Notfallversorgung verfügen, nicht mehr primär eingesetzt. Zum einen verzögert sich die weitere Diagnostik um mindestens 10 Minuten, und andererseits geht sie mit einem Risiko von 0,5 - 1 % für die Verletzung intraabdomineller Organe oder Gefäße einher. [09]. Ein Hämatothorax oder eine Perikardtamponade können im Gegensatz zur Sonographie nicht dargestellt werden und schließlich weist die Lavage eine hohe Rate an falsch-positiven Befunden durch akzidentelle Blutung der Bauchwand auf.

### **2.2.1.3 Computertomographie**

Nach der Sonographie ist die Computertomographie (CT) die wichtigste Untersuchung zur Abklärung des Bauchraumes. Voraussetzung für die Durchführung sind stabile Kreislaufverhältnisse. Zeitlich schließt sich das CT des Abdomens der Ultraschalluntersuchung, im Abschluss an die Maßnahmen im Schockraum an. Das CT des Abdomens ermöglicht die direkte Darstellung von Läsionen der Leber, Milz und Niere sowie den Nachweis aktiver Blutungen durch Austritt von Kontrastmittel [09].

### **2.2.1.4 Angiographie**

Die Indikation zur Angiographie ist im Rahmen der Akutdiagnostik nur in Ausnahmefällen gegeben. Eine mögliche Indikation besteht bei Gefäßverletzungen und instabilen Kreislaufverhältnissen, bei der diese gleichzeitig durch Embolisation versorgt werden kann. Bei Milzrupturen wurde in Einzelfällen ein Vorteil in der angiographischen Embolisation von Blutungen bei geplanten konservativen Vorgehen gesehen [09].

Bei speziellen Fragestellungen, insbesondere die die Beurteilung der Glutealgefäße, Äste der Arteria iliaca interna etc. betreffen, bei Dezelerationstraumen im Rahmen instabiler Beckentraumen, oder bei Verdacht auf große retroperitoneale Hämatome, sowie zur Differenzierung des Ausmaßes von Nierenverletzungen, besteht die Indikation zur Angiographie [78].

### **2.2.2 Präklinische Diagnostik abdomineller Verletzungen**

Eine differenzierte klinische Untersuchung ist nur beim wachen und kooperativen Patienten möglich. Schon die Erhebung der Anamnese erfordert häufig Angaben Dritter. Auch beim wachen Patienten sind seine Angaben hinsichtlich des Abdomens nur beschränkt verwertbar, da schmerzhaftes Begleitverletzungen die abdominellen Symptome überlagern können. Blutungen und Leckagen bei Hohlorganrupturen werden klinisch nicht selten primär übersehen, da nach anfänglich uncharakteristischen Beschwerden erst nach Stunden die klassischen Zeichen des Peritonismus, später Peritonitis, auftreten [09].

Folgende Unfallmechanismen geben weitere Hinweise auf einen polytraumatisierten Patienten [56].

- Tod des Beifahrers
- Sturz aus >5 m Höhe
- Ejektion aus dem Fahrzeug
- Einklemmung / Verschüttung
- Fußgänger, Fahrradfahrer angefahren
- Verkehrsunfall mit hoher Geschwindigkeit

### **2.2.2.1 Klinische Untersuchung**

Die Inspektion und körperliche Untersuchung lokalisiert Prellmarken, Blauverfärbungen der Haut und offene Wunden, die auf einwirkende Gewalt und ihre Richtung hinweisen. Anamnese, Unfallhergang, Unfallmechanismus und die lokale Schmerzangabe beim wachen und ansprechbaren Patienten können weiterhin den Verdacht auf eine abdominelle Verletzung lenken, jedoch kann eine intraabdominelle Verletzung auch ohne solche Zeichen vorliegen.

### **2.2.2.2 systemische Kreislaufparameter**

Jedes Polytrauma kann mit einem erheblichen Blutverlust einhergehen. Der Blutverlust erfolgt entweder (meist gut sichtbar) nach außen oder (weniger gut diagnostizierbar) nach innen in Körperhöhlen oder ins traumatisierte Gewebe.

Die Höhe des tatsächlichen Blutverlustes ist in jedem Fall schwer abzuschätzen. Dieser wird insbesondere bei fehlendem oder geringem Blutverlust nach außen eher unterschätzt als überschätzt [124]. Bis zu einem Blutverlust von 1500 ml kann der Blutdruck durch körpereigene Kompensationsmechanismen zunächst noch normal bleiben.

Der Schockindex, definiert als Herzfrequenz pro Minute dividiert durch den systolischen Blutdruck in mmHg, gibt einen gewissen, allerdings sehr ungenauen Anhalt: Wird der Schockindex größer als 1, d.h. ist die Herzfrequenz größer als der systolische Blutdruck, so soll dies auf einen intravasalen Volumenverlust von mehr als 30% hindeuten [124].

Da diese Korrelation zwischen Blutverlust und Schockindex aber durch zahlreiche intakte oder gestörte Kompensationsmechanismen aufgehoben wird und sehr große interindividuelle Unterschiede festzustellen sind, ist der Wert des Schockindex für Diagnose und Therapie des traumatisierten Patienten fraglich [124].

## **2.3 Management abdomineller Verletzungen**

Beim polytraumatisierten Patienten steht präklinisch neben der Sicherstellung eines ausreichenden pulmonalen Gasaustausches die Therapie der hämodynamischen Instabilität als Folge von Verletzungen und des begleitenden Blutverlustes im Vordergrund.

### **2.3.1 Konservative Therapie**

Entscheidend für ein konservatives Vorgehen ist die Kreislaufstabilität, [22,24,35] und die suffiziente bildgebende Diagnostik [82]. Managementbezogene Voraussetzungen zum konservativen Vorgehen sind eine 24-Stunden-Überwachung des Kreislaufs [35,105], bildgebende Verlaufskontrollen [82] und eine Mindesthospitalisationszeit von zehn Tagen. Große retrospektive und prospektive Untersuchungen im letzten Jahrzehnt haben ergeben, dass die konservative Therapie auch bei höhergradigen Verletzungen der Leber und der Milz erfolgreich durchgeführt werden kann [24,67,82,105]. Vorteile der konservativen Therapie sind eine reduzierte Letalität, geringere Transfusionsmengen und kürzere Krankenhausaufenthalte [24,35,66].

### **2.3.2 Chirurgische Therapie**

Die klinische Primärtherapie bei abdomineller Blutung mit Kreislaufinstabilität ist durch die sofortige Blutsubstitution und die notfallmäßige Laparotomie mit dem Ziel der operativen Blutstillung bestimmt [09,78,125].

Neben diesen Notfallmaßnahmen wird die definitive Versorgung intraabdomineller Einzelverletzungen wiederum differenziert betrachtet. Während ein konservatives Vorgehen und der Organerhalt bei Milzrupturen, insbesondere bei isolierten Verletzungen bzw. bei leichteren Zusatzverletzungen angegeben wird, ist beim schweren Polytrauma mit Schock und Gerinnungsstörungen sowie in Abhängigkeit des

im CT ermittelten Verletzungsgrades der Milz eine vordringliche chirurgische Intervention sowie die Milzextirpation indiziert. Bei der operativen Behandlung von Leber- und Pankreasverletzungen bestand weitgehende Einigkeit über ein vom Schweregrad der Organläsion abhängiges Vorgehen [78,125].

Bei instabilen Kreislaufverhältnissen, zunehmender intraabdomineller Flüssigkeitsmenge, jedem Schockzustand, sowie bei jeder schweren Mehrfachverletzung wird eine klare Indikation zur Frühlaparotomie gesehen [09,78,125]. Beim Polytraumatisierten ist retrospektiv eine „unnötige Laparotomie“ im Vergleich zu erforderlichen Sekundäroperationen bei primär übersehenden abdominalen Verletzungen nach Kreislaufwiederherstellung ein wesentlich geringeres Risiko [78].

Standardzugang der akuten Versorgung des Abdominaltraumas ist mediane Laparotomie, welche sich zu einer Sternotomie oder in eine links- oder rechtsseitige anterolaterale Thorakotomie verlängern lässt [78].

Bei kreislaufinstabilen Patienten mit drohendem Verbluten durch abdominelle Verletzungen, erfolgt die Operation als „damage control“. Ziel dieser OP-Technik ist die schnellstmögliche Wiederherstellung des Kreislaufs unter Vernachlässigung der unmittelbaren Reparatoren. Zunächst erfolgt die verletzungsadaptierte Versorgung und ggf. die Anlage eines Packings, danach Revision der Quadranten. Danach erfolgt der temporäre Verschluss und Relaparotomie nach 24-48 h, falls ein Packing angelegt wurde [09].



## **2.4 Charakteristika klinischer und präklinischer Versorgungsstrukturen**

Klinische und präklinische Versorgungsstrukturen unterscheiden sich neben den zuvor beschriebenen unterschiedlichen Diagnosemöglichkeiten erheblich in Bezug auf Personalkapazitäten und Arbeitsbedingungen.

### **2.4.1 Klinische Versorgungsstrukturen**

Die Kliniken zeichnen sich zudem durch besonders auf das Polytrauma eingerichtete Versorgungsstrukturen aus. Dies beinhaltet die Aufnahme des Patienten in einen separaten, logistisch günstig gelegenen Raum, den sogenannten Schockraum. Personell sind die Kliniken der Maximalversorgung mit einem Teamleiter (i.d.R Unfallchirurgie), einem Standardteam (Unfallchirurgie, Pflege, Anästhesie, Radiologie, RTA) und ggf. den hinzugezogenen Konsiliaren (Neurologie, Abdominalchirurgie, Thoraxchirurgie, Innere Medizin) besetzt. Die Kliniken der Maximalversorgung stellen somit räumlich und personell (sowohl quantitativ als auch qualitativ) optimale Bedingungen zur Versorgung traumatisierter Patienten dar, das Verhältnis Patient-Personal liegt um ein mehrfaches zugunsten des Personals. Durch definierte Behandlungsabläufe und Arbeitsteilung können so Patienten nach einem definierten Algorithmus zügig „abgearbeitet“ werden [64,96].

#### **2.4.1.1 Bedeutung von Algorithmen in der Klinik**

Seit Ende der 70er Jahre hat sich zunehmend ein Stufenkonzept bei der Schwerverletztenversorgung etabliert, wobei in den 90er Jahren insbesondere die Frühphase des Polytraumamanagements durch Leitlinien in Form von Algorithmen exakt definiert und standardisiert wurden [75].

Der Begriff Algorithmus geht auf den arabischen Mathematiker al Chwa rismi zurück, dessen um 820 entstandenes Algebralehrbuch in der spätmittelalterlichen lateinischen Übersetzung mit den Worten "Dixit Algorizmi" betitelt wurde.

In der Mathematik werden mit Algorithmen Rechenverfahren bezeichnet, die bestimmte umfangreiche Rechenaufgaben in einer Kette von einzelnen einfachen Rechenschritten lösen, so zum Beispiel beim Euklidischen Algorithmus zur Bestimmung des größten gemeinsamen Teilers oder beim Gaußschen Algorithmus zur Lösung von linearen Gleichungen.

#### Charakteristika medizinischer Algorithmen

- Algorithmen repräsentieren anerkannte Richtlinien.
- Algorithmen bilden einheitliche Behandlungsleitlinien.
- Algorithmen gestatten begründete Abweichungen.
- Algorithmen zerlegen komplexe Probleme in Einzelschritte.
- Algorithmen zeigen einen strukturierten Lösungsweg auf.
- Algorithmen vermitteln trotz Zeitdruck Sicherheit.
- Algorithmen machen Behandlungsabläufe transparent.

Algorithmen ermöglichen eine systematische Fehlersuche. Der Begriff "Algorithmus" wird in der Literatur nicht immer entsprechend der Vorgaben aus der Informatik und Mathematik verwendet und oft als Synonym für völlig unterschiedliche Begriffe gebraucht. Algorithmen folgen formalen Regeln und bilden Entscheidungs- und Behandlungsabläufe sowie Problemlösungen durch festdefinierte Anweisungen ab. Entscheidend für einen Algorithmus ist damit die klare Beantwortung im Sinne eines „Ja“ oder „Nein“ im Entscheidungsbaum. Können hier keine eindeutigen Aussagen getroffen werden, verliert der Algorithmus seinen Sinn.

Wie bereits beschrieben wird die Versorgung Schwerverletzter über den Faktor Zeit charakterisiert. Algorithmen helfen dem Anwender hier schnell und zuverlässig standardisierte Programme abarbeiten zu können, die einzelnen Phasen der Algorithmen kennzeichnen dabei unterschiedliche Prioritäten und Reihenfolgen in der Diagnostik und Therapie.

#### **2.4.2 Präklinische Versorgungsstrukturen**

Während man im Krankenhaus von zahlreichen Verlässlichkeit bietenden Konstanten ausgehen kann (bekannte Räumlichkeiten, umfassende Gerätediagnostik, Hintergrunddienst), so ist die präklinische Situation durch eine Vielzahl von vorab nicht planbaren Variablen charakterisiert, die sich wechselseitig beeinflussen können. Daher ist die präklinische Versorgung des polytraumatisierten Patienten gegenüber der Versorgung in der Klinik durch eine Reihe von Besonderheiten charakterisiert.

##### ***Unbekanntes Verletzungsmuster :***

Das Verletzungsmuster ist am Notfallort initial nicht bekannt. Zudem lassen sich Verletzungen der Wirbelsäule, des Beckens, intrakranielle, intrathorakale und intraabdominale Verletzungen am Unfallort durch die klinische Untersuchungen in der Regel nur unvollständig diagnostizieren [124].

##### ***Mehrere Verletzte :***

Während bei „internistischen Notfällen“ fast immer nur ein Patient zu versorgen ist, sind besonders bei Verkehrsunfällen häufig mehrere Personen verletzt. Es liegt dann oft ein Missverhältnis zwischen Opfern und Helfern vor. Dies gilt insbesondere für den Massenanfall Verletzter.

##### ***Transportpriorität :***

Einige lebensbedrohliche Verletzungen lassen sich adäquat nur durch rasche Operation oder Intervention in der Klinik therapieren. Daher gehört nach wie vor der möglichst zügige Transport in die nächste geeignete Klinik zu den essentiellen Maßnahmen der Primärversorgung eines schweren Traumas.

#### **2.4.2.1 Bedeutung des Zeitfaktors in der Präklinik**

Das Prinzip der „golden hour of shock“ beschreibt die Tatsache, dass durch die chirurgische Blutstillung eines Verunfallten und Beendigung des Schockzustandes innerhalb einer Stunde nach Unfallereignis ein deutlich optimiertes Outcome bzw. eine weitgehende Restitution erreicht werden kann.

Das Konzept der „golden hour“ wird in Deutschland zu Gunsten einer umfangreichen Traumaversorgung vor Ort oft nicht umgesetzt [104]. Mit der Entwicklung der präklinischen Traumaversorgung wurde unter den Schlagworten „stay and play“ der Zeitbedarf vor Ort erheblich gesteigert. Nur ein geringer Teil Unfallverletzter erreicht innerhalb einer Stunde überhaupt die Klinik (nicht den OP).

Bei einer prospektiven und retrospektiven Auswertung traumatologischer Notfallversorgungszeiten mit Befragung von Rettungsdienstmitarbeitern und Notärzten zum Zeitmanagement kam heraus, daß die durchschnittlichen präklinischen Versorgungszeiten bei über 90 Minuten liegen [104]. Der Faktor Zeit für die Notfallversorgung wurde von den beteiligten zu Gunsten einer optimalen Vor-Ort-Versorgung vernachlässigt, wobei der tatsächliche zeitliche Aufwand vor Ort in der Regel unterschätzt wurde [104]. Gleichzeitig zeigt die Analyse, daß durch geringe Zeiteinsparungen vor Ort die Verfügbarkeit des Gesamtsystems deutlich optimiert werden kann.

In einer retrospektiven Behandlungs- und Outcomeanalyse polytraumatisierter Patienten der Jahre 1998-1999, wurden Patienten, die mittels regionalem Rettungsdienst versorgt und in 6 Krankenhäusern der Grund- und Schwerpunktversorgung behandelt wurden ( $n=87$ ), mit Patienten die mittels RTH primär ( $n=140$ ) oder sekundär nach Erstversorgung regional ( $n=75$ ) in ein Traumazentrum eingeliefert wurden verglichen. Das Intervall vom Unfallzeitpunkt bis zum Eintreffen im Schockraum betrug auch hier  $89,8 \pm 29,2$ min (RTH) gegenüber  $56,3 \pm 22,8$  min (Land) [07].

In einer Studie von Benning et al betrug die Dauer zwischen dem Unfallereignis und der Klinikaufnahme  $65 \pm 18$  (DGU  $71 \pm 39$ min) .Die durchschnittliche Zeit bis zum Eintreffen des Notarztes am Unfallort nach dem Unfallzeitpunkt betrug 15 Minuten, er verbrachte durchschnittlich 33 min am Unfallort und brauchte 17 min um die Klinik zu erreichen [11].

#### **2.4.2.2 Bedeutung von Algorithmen in der Präklinik**

Ein probates Mittel zur erfolgreichen Bewältigung rettungsdienstlicher Situationen liegt in der Anwendung von Algorithmen. Sie strukturieren, systematisieren, repräsentieren wissenschaftliche Erkenntnisse und verleihen Sicherheit. [56,113].

Entscheidungsprozesse werden beschleunigt, weil der Anwender des Algorithmus sich im Vorfeld mit vergleichbaren Situationen gedanklich beschäftigt hat. Er muss sein Vorgehen nicht komplett neu „konstruieren“, sondern er muss ein ihm bekanntes Vorgehen situationsgerecht anpassen und anwenden.

Die Kombination aus Instruktion (durch den Algorithmus!) und Konstruktion (im Sinne der individuellen Situationserschließung) erlaubt die kritisch-situationsgerechte Anwendung von Algorithmen.

Korrekt angewendete Algorithmen sind somit nicht nur in der Lage, eine einheitliche Prozess- und Ergebnisqualität bei der Versorgung von Notfallpatienten durch das Rettungsfachpersonal zu schaffen und die Entscheidungsfindung durch eine objektivierende Faktenbasis zu sichern, sondern sie bieten zudem die Chance, durch regelmäßige Überprüfung und Einbringung aktueller Empfehlungen die Qualität der rettungsdienstlichen Versorgung kontinuierlich zu verbessern [113].

*Abb. 1a und 1b* zeigen die von der Arbeitsgemeinschaft Notfallmedizin der Deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie entwickelten Algorithmen zum Präklinischen Polytraumamanagement [45].

Abb. 1a [45]

# Präklinisches Polytrauma Management I

© 2/2000

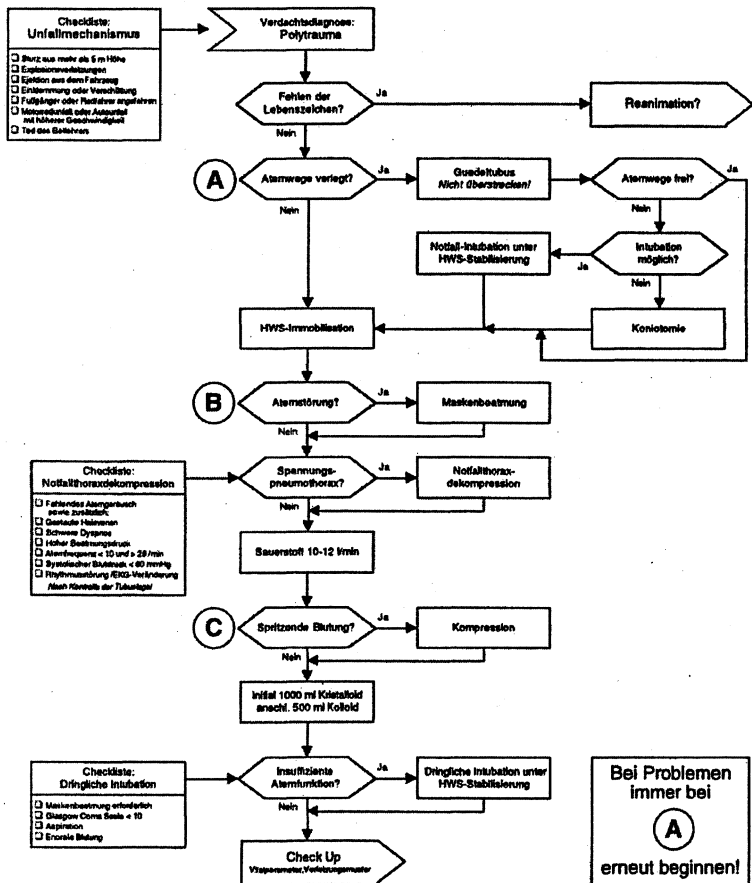
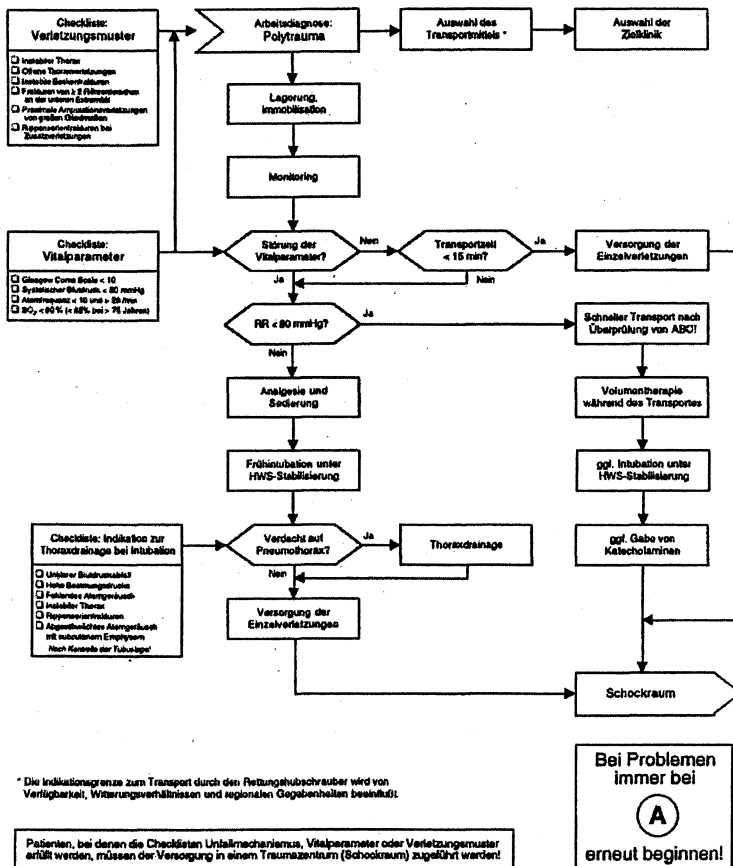


Abb. 1b [45]

## Präklinisches Polytrauma Management II

© 2/2000



\* Die Indikationsgrenze zum Transport durch den Rettungsdienst wird von Verfügbarkeit, Witterungsverhältnissen und regionalen Gegebenheiten beeinflusst.

Patienten, bei denen die Checklisten Unfallmechanismus, Vitalparameter oder Verletzungsmuster erfüllt werden, müssen der Versorgung in einem Traumazentrum (Schockraum) zugeführt werden!

### 3. Fragestellung

Nachdem die Ultraschalldiagnostik bisher nur in der Klinik möglich war, stellt sich die Frage, ob die Ultraschalldiagnostik ein geeignetes Diagnostikum darstellt, schon präklinisch freie Flüssigkeit zu erkennen. Folgenden Fragestellungen möchte die Studie nachgehen :

1. Ist die präklinische Sonographie mit einem handelsüblichen portablen Ultraschallgerät praktikabel ?
2. Kann die Ultraschalluntersuchung am Unfallort bzw. im Rettungswagen oder Hubschrauber hinsichtlich der Untersuchungsbedingungen durchgeführt werden ?
3. Kann die Ultraschalluntersuchung in angemessener Zeit durchgeführt werden, so daß die Versorgung vor Ort nicht erheblich verzögert wird ?
4. Wie häufig stimmt das Ergebnis der Ultraschalluntersuchung mit der vom Notarzt oder Rettungsassistenten gestellten klinischen Verdachtsdiagnose überein ?
5. Ändert sich durch das Ergebnis der Ultraschalluntersuchung am Unfallort die präklinische Therapie bzw. das Management vor Ort ?
6. Ändert sich unter Umständen aufgrund der präklinischen sonographischen Zusatzdiagnostik das Zielkrankenhaus ?
7. Wird das Untersuchungsergebnis der Sonographie der Leitstelle übermittelt, bzw. gibt die Leitstelle das Ergebnis der Ultraschalluntersuchung an das Zielkrankenhaus weiter ?
8. Ändert die aufnehmende Klinik aufgrund des präklinisch erhobenen Ultraschallbefundes ihr innerklinisches Management ?
9. Welche technischen Modifikationen müssen am Ultraschallgerät durchgeführt werden, um eine einfache Bedienungsweise am Notfallort zu gewährleisten ?



#### **4. Studiendesign und Methode**

##### **4.1 Abgrenzung der Aufgaben des Rettungsdienstes<sup>1</sup>**

Mit dem Begriff „Rettungsdienst“ werden sowohl die Aufgaben als auch die Einrichtungen des Rettungsdienstes beschrieben. Der Rettungsdienst ist nach § 3 Abs. 1 HRDG eine Aufgabe der Gefahrenabwehr und der Gesundheitsvorsorge. Er hat die bedarfsgerechte und wirtschaftliche Versorgung der Bevölkerung mit Leistungen der Notfallversorgung und des Krankentransports zu gewährleisten. Dies findet in erster Linie in Form des bodengebundenen Rettungsdienstes statt, der durch die Berg-, Luft- und Wasserrettung ergänzt wird.

Der Rettungsdienst hat somit das Ziel, bei allen gesundheitlichen Störungen durch Erkrankungen, Verletzungen, Vergiftungen oder sonstigen medizinischen Gründen tätig zu werden, bei denen, ohne eine medizinische Versorgung der Betroffenen, der Prozess der Gesundheitsstörung beschleunigt wird, die Folgen irreversibel im Sinne eines bleibenden Schadens oder des Todes sein können oder die Verbesserung des Gesundheitszustandes ohne sein Einschreiten verlangsamt wird.

Über die beschriebenen Aufgaben hinaus hat der Rettungsdienst nach § 6 Abs. 1 auch bei größeren Notfallereignissen unterhalb der Katastrophenschwelle mit einem erhöhten Anfall von Notfallpatienten Maßnahmen der Notfallversorgung und - zeitlich nachrangig - des Krankentransports sicherzustellen sowie die Sichtung, Organisation und Koordination der Hilfsmaßnahmen am Schadensort qualifiziert zu gewährleisten.

---

<sup>1</sup> gemäß vorläufigem Rettungsdienstplan des Landes Hessen Nr.1.1

*Bodengebundener Rettungsdienst:*

Alle beschriebenen Aufgaben des Rettungsdienstes sind in der Regelversorgung vorrangig dem bodengebundenen Rettungsdienst zuzuordnen, da nur dieser Sektor des Rettungsdienstes in der Lage ist, alle rettungsdienstlichen Leistungen ständig zu erbringen. Die Sicherstellung der bedarfsgerechten Gesamtversorgung ist grundsätzlich Aufgabe des bodengebundenen Rettungsdienstes.

*Luftrettung:*

Die Luftrettung hat im Sinne der Aufgabenbeschreibung und -abgrenzung des HRDG ergänzend zum bodengebundenen Rettungsdienst die Aufgabe, mit Rettungshubschraubern (RTH) Primäreinsätze, Sekundäreinsätze, spezielle Sekundärtransporte sowie Suchflüge und den Transport von lebenswichtigen Medikamenten, Blutkonserven und Organen im Rahmen der Notfallversorgung durchzuführen. Ebenfalls zu den Aufgaben der Luftrettung gehört es, sonstige kranke, verletzte oder hilfsbedürftige Personen unter fachgerechter Betreuung mit besonders ausgestatteten Hubschraubern zu befördern, wenn dies medizinisch bzw. ökonomisch geboten ist.

*Berg- bzw. Höhen- und Wasserrettung:*

Die Wasserrettung sowie die Berg- bzw. Höhenrettung sind Bestandteil des Rettungsdienstes und unterstützen und ergänzen den bodengebundenen Rettungsdienst im Bereich der Notfallversorgung. Sie hat die Aufgabe verletzte, vergiftete und erkrankte Personen unter Durchführung der notwendigen lebensrettenden Maßnahmen aus dem Wasser bzw. aus Höhen oder Tiefen zu retten und bis zur nächst erreichbaren Straße bzw. bis zum Ufer zu transportieren. Die weitere Versorgung und der Transport ist dann Aufgabe des bodengebundenen Rettungsdienstes.

In der vorliegenden Studie wurde der Einsatz der Ultraschalldiagnostik sowohl im bodengebundenen, als auch im luftgebundenen Rettungsdienst untersucht.

Aufgrund der Infrastruktur in Frankfurt am Main (eigene Höhenrettungsgruppe sowie Wasserrettungszug der Berufsfeuerwehr) war es prinzipiell möglich die Ultraschalldiagnostik in allen Bereichen des bodengebundenen Rettungsdienstes wie oben beschrieben einzusetzen.

Aufgrund fehlender Möglichkeit zur Mitnahme des Studienassistenten auf dem ortsansässigen Hubschrauber Christoph 2 (BO 106) wurde die praktische Erprobung in der Luftrettung in Mannheim auf dem größeren Christoph 53 (BK117) durchgeführt.

#### **4.1.1 Primäreinsatz / Sekundäreinsatz**

##### **Primäreinsatz<sup>2</sup>**

Ein rettungsdienstlicher Primäreinsatz ist ein Einsatz zur ersten Versorgung und ggf. zum Transport einer Notfallpatientin oder eines Notfallpatienten in eine geeignete Behandlungseinrichtung zur weiteren qualifizierten Behandlung und Versorgung.

##### **Sekundäreinsatz<sup>3</sup>**

Die rettungsdienstliche Versorgung der Bevölkerung mit Leistungen der Notfallversorgung und des Krankentransports umfasst nicht nur die Patientenübergabe an eine Behandlungseinrichtung, sondern auch die weitere Beförderung von bereits klinisch behandelten Patientinnen und Patienten, wenn sie aufgrund ärztlicher Verordnung als Notfallversorgung oder Krankentransport einzustufen ist (Sekundäreinsatz). Sekundäreinsätze können sowohl mit bodengebundenen Rettungsmitteln als auch mit Luftrettungsmitteln durchgeführt werden.

In dieser Studie wurden überwiegend Primäreinsätze in Frankfurt am Main untersucht, die Ultraschalldiagnostik bei Sekundäreinsätzen wurde luftgebunden in Mannheim auf dem Hubschrauber Christoph 53 untersucht.

---

<sup>2</sup> gemäß vorläufigem Landesrettungsdienstplan des Landes Hessen Nr. 1.1.9

<sup>3</sup> gemäß vorläufigem Landesrettungsdienstplan des Landes Hessen Nr. 1.1.10

#### **4.1.2 Leitstelle**

Die Leitstelle nimmt beim traumatisierten Patienten eine zentrale Funktion ein. Sie ist verantwortlich für die Annahme des Notrufs, Delegation von Rettungsmitteln, Koordinierung der Patientenströme in die jeweiligen Einrichtungen, sowie Übermittlung notfallmedizinischer Details an die aufnehmende Versorgungseinrichtung. Damit sichert sie den ungehinderten Informationsfluss zwischen Präklinik und Klinik und stellt die Schnittstelle dar.

Am Beispiel der an der Studie beteiligten Leitstelle Frankfurt am Main sind die Aufgaben und die mit deren Erfüllung im Zusammenhang stehenden Tätigkeiten der Zentralen Leitstelle Frankfurt am Main als Fernmelde-, Notruf-, Alarm- und Einsatzzentrale für den Brandschutz, Rettungsdienst und Katastrophenschutz in gesonderten Verordnungen geregelt.

Die Entscheidung für einen Notfalleinsatz wird grundsätzlich anhand des Einsatzstichwortes für Notfalleinsätze vor dem Auslösen des Alarms erfolgen und entsprechend dokumentiert. Die Einsatzstichwörter definieren typische Einsatzmerkmale, die bei der Abfrage des Hilfersuchens den daraufhin einzuleitenden Einsatz als Notfalleinsatz klassifizieren.

Das Personal in der Zentralen Leitstelle trifft seine Entscheidung für einen Notfalleinsatz auf der Grundlage des ihm vom Anrufer vermittelten Meldebildes und dokumentiert seine Entscheidung vor dem Auslösen des Alarms.

Die Koordinierungsstelle für Sekundärtransporte (KST) koordiniert und steuert entsprechend den Festlegungen des Landes den Einsatz der landesweit zur Durchführung von Sekundärtransporten vorgesehenen Rettungsmittel. Rettungsmittel für den Interhospitaltransfer sind

Intensiv-Verlegungs-Notarztwagen (INVER-NAW),  
Rettungshubschrauber (RTH),  
Intensivtransporthubschrauber (ITH) und Ambulanzflugzeuge.

## 4.2 Studienzeitraum / Studienorte

Es erfolgte die prospektive Untersuchung verunfallter Patienten bodengebunden von 10/2001 bis 5/2002 im Stadtgebiet Frankfurt/Main. Desweiteren wurde auf dem Rettungshubschrauber Christoph 53 in Mannheim luftgebunden die Praktikabilität der Sonographie im Hubschrauber untersucht, sowie auf einer Großübung in Berlin die Praktikabilität der präklinischen Sonographie im Einsatz bei der Triage.

Die notärztliche Versorgung wird am Hauptstudienort Frankfurt am Main im Rendezvous-System durch 4 Notarztstandorte mit Notarzteinsatzfahrzeugen (NEF) und das nähere Einzugsgebiet über den Rettungshubschrauber Christoph 2 sichergestellt. Zusätzlich gibt es 2 betriebliche Rettungsdienste, sowie den Intensivverlegungs-NAW, die im Bedarfsfall und bei Verfügbarkeit alarmiert werden können.

**Tabelle 1 : 8 ärztlich besetzte Rettungsmittel stehen zur notärztlichen Versorgung am Studienort Frankfurt am Main zur Verfügung.**

Nr.	Name des Standortes	Notarztssystem	
		NEF	RTH
1	Berufsgenossenschaftliche Unfallklinik	NEF 2	RTH
2	Klinikum der Johann-Wolfgang Goethe Universität	NEF 6	
3	Städtische Kliniken Frankfurt a.M. - Höchst	NEF 5	
4	Krankenhaus Nordwest	NEF 7	
5	Hellig Geist	INVER	
6	Flughafenklinik*	NAW	
7	Medizinisches Zentrum IntraServ*	NAW	

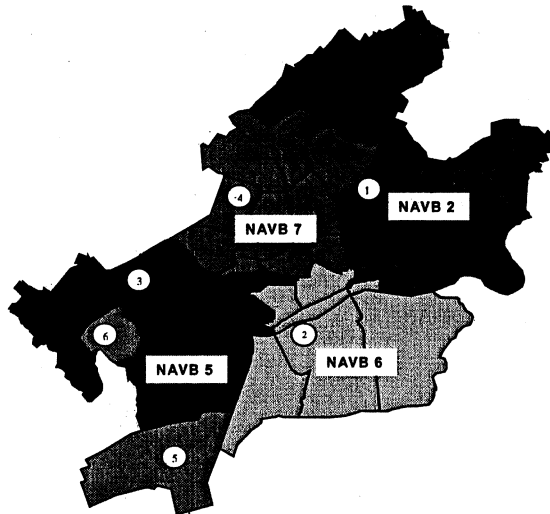
**Tabelle 2 : Fachrichtungen der notärztlich besetzten Rettungsmittel (NEF)**

<b>Nr.</b>	<b>Name des Standortes</b>	<b>Fachrichtung</b>
1	Berufsgenossenschaftliche Unfallklinik	Chirurgie
2	Klinikum der Johann-Wolfgang Goethe Universität	Chirurgie, Anästhesie, Innere Medizin
3	Städtische Kliniken Frankfurt a.M. - Höchst	Anästhesie
4	Krankenhaus Nordwest	Chirurgie, Anästhesie, Innere Medizin
5	Heilig Geist	Anästhesie
5	Flughafenklinik *	Chirurgie, Innere Medizin
6	Medizinisches Zentrum InfraServ *	Innere Medizin

\* Betrieblicher Rettungsdienst - Alarmierung im Bedarfsfall und bei Verfügbarkeit möglich

**Abb. 2 : Übersicht der Notarztversorgungsbereiche der 4 primär an der Studie beteiligten Notarztsysteme im Stadtgebiet Frankfurt/Main [12]**

NAVB = Notarztversorgungsbereich



#### 4.2.1 Struktur

Der Rettungsdienstbereich Frankfurt am Main ist das Gebiet, in dem die Leistungen des Rettungsdienstes zusammen mit denen des Brand- und Katastrophenschutzes durch die Zentrale Leitstelle Frankfurt gelenkt und aufeinander abgestimmt werden. Der Rettungsdienstbereich Frankfurt am Main umfasst in der räumlichen Ausdehnung exakt die Gemarkung der Kreisfreien Stadt Frankfurt am Main.

Tagsüber halten sich durchschnittlich ca. 1.300.000 Personen (inkl. Bevölkerung, Einpendler, Besucher, Gäste usw.) in der Stadt auf. Nachts halten sich durchschnittlich ca. 750.000 Personen (inkl. Bevölkerung, Übernachtungen, usw.) in der Stadt auf. Der Studienort zeichnet sich durch seinen Verkehrsknotenpunkt mit Großflughafen, Binnenschiffahrtsweg und Hafen, sowie Autobahnen, Hochhäuser, einem weitverzweigtes U-Bahnnetz, umfangreiche Tunnelanlagen und Großindustrie aus.

#### 4.2.2 Bevölkerung

*Tabelle 3*

Bevölkerung nach Geschlecht	Männlich	weiblich	insgesamt
	315.483	333.763	649.246

#### 4.3 Patientenkollektiv

In die Studie wurden verunfallte Patienten untersucht, bei denen aufgrund der anamnestischen Angaben zum Unfallhergang und durch den klinischen Untersuchungsbefund ein Thorax- und / oder Abdominaltrauma nicht sicher ausgeschlossen werden konnte. Hierbei handelte es sich sowohl um Patienten mit isolierten Verletzungen sowie um polytraumatisierte Patienten.

#### 4.4 Versuchsaufbau

Ultraschallgeräte haben sich in den letzten Jahren rasant weiterentwickelt. Sie wurden immer kleiner mit einer gleichzeitig immer besser werdenden Bildauflösung. Derzeit drängen immer kleiner werdende Geräte auf den Markt, mit unterschiedlichen Größen, Auswahl an Funktionen und Preisklassen.

Die Auswahl auch von kleineren handlichen Ultraschallgeräten stellen eine unabdingbare Voraussetzung für ihren Einsatz in der Notfallmedizin dar und war somit erhebliche Bedingung für die Studie.

##### 4.4.1 Ultraschallgeräte

Abb. 3a-b zeigen exemplarisch 2 verschiedene derzeit im Handel erhältliche mobile Ultraschallgeräte der neueren Generation.

Abb. 3a

Tragbares mobiles Gerät mit einer Vielfalt an Einsatzmöglichkeiten. (*sonosite 180 plus*)



Abb. 3b

Mobiles Gerät mit niedrigem Gewicht und Größe. (*piemedical 500s tringa*)



Als wichtige Anforderungen an das Studiengerät wurden erachtet :

- handliche Größe
- niedriges Gewicht
- leichte Bedienbarkeit
- lange Betriebsdauer
- gute Auflösung



Bei allen Untersuchungen kam das mobile Ultraschallgerät piemedical 500s tringa der Fa. Metrax (Rottweil Deutschland) (Abb. 3b) zum Einsatz. Das 800 g schwere Gerät wurde im Einsatz in einer kleinen Tasche getragen. Der Sektorschallkopf kann wahlweise mit 3.5 oder 5 MHz betrieben werden. Die Bildauflösung beträgt 320 x 240 Pixel mit 256 Graustufen.

Abb. 4a

Das ursprünglich zum Transport im Koffersystem angebotene Gerät erwies sich als unpraktisch für den Gebrauch der Studie.

Koffer mit Ultraschallgerät, separatem Akku, Ladegerät, Armhalterung für den Monitor und Aufzeichnung ( Videokamera Sony DCR-IP-7 )



Abb. 4b Versuchaufbau: Mit an den Einsatzort in einer Tasche geführte Einzelbestandteile : Ultraschallgerät mit separatem Akku



Tabelle 4 : Gerätetechnische Daten des piomedical 500S tringa

<b>Display:</b>	5-Zoll TFT LCD, hell
<b>Gewicht (Scanner):</b>	0,8 kg
<b>Sonden:</b>	3,5/5,0 MHz Zweifrequenzsektor 5,0/7,5 MHz Zweifrequenzsektor
<b>Akkus:</b>	Mind. 3 Std. Dauerbetrieb, aufladbar
<b>Bildmodus:</b>	B, B+B, B+M, M
<b>Zoom-Modus:</b>	Nur Zoombox
<b>Bildfrequenzbereich:</b>	1,5 - 9 MHz
<b>Bildwinkel:</b>	15°, 45°, 60°, 90°
<b>Max. Bildtiefe:</b>	20 cm
<b>Einstellbarer Dynamikbereich::</b>	40 dB bis 60 dB
<b>Scanwandler:</b>	512x512x8 Bit
<b>Max. Bildwechselfrequenz:</b>	30/Sek.
<b>Anschlüsse:</b>	Zweirichtungs-Infrarot- schnittstelle, Videoausgang
<b>Graustufen:</b>	256 Stufen
<b>Anwendungseinstellungen:</b>	10 pro Sonde
<b>Tastatur:</b>	englisch
<b>Graukarten:</b>	3 fest, 2 programmierbar
<b>Softwareupdates:</b>	über PC (Infrarotschnittstelle)
<b>Softwarepakete:</b>	umfangreiches Paket f. Anwendungs- spezifische Kalkulationen u. Berichtswesen
<b>Bildschirmtext:</b>	freie Anwenderkommentare
<b>B-Modus Messungen:</b>	Abstand, Fläche, Umfang, Ellipse, Winkel, Volumen
<b>M-Modus Messungen:</b>	Abstand, Zeit, Geschwindigkeit, Pulszahl, Beschleunigung
<b>Sonderzubehör:</b>	Zusatzakku, Tischstativ, Ladegerät-Netzteil, Armbefestigung Tragetasche

#### 4.4.2 Dokumentation

Das Ultraschallgerät piomedical 500 S tringa verfügt über eine freeze-Taste die eine vorübergehende Einfrierung des Ultraschallbildes zu jedem Zeitpunkt ermöglicht, nicht jedoch über eine Speichermöglichkeit der Bilder.

Die Dokumentation der Ultraschall-Ergebnisse erfolgte daher extern „online“ über den Videoausgang des Ultraschallgerätes mit einer Videokamera ( Sony DCR-IP 7 ) . Somit waren alle Bilder der Untersuchungen als Videosequenz verfügbar. Die Diagnose von Parenchymverletzungen wurde anfangs im Protokoll miterfasst (*Abb. 16a Unfallbogen*), ist aber nicht Gegenstand der Sonographie im Schockraum und wurde daher aus der Auswertung herausgenommen.

Alle studienrelevanten Zeiten wie Beginn und Ende der Untersuchung, Zeiten der Kontrolluntersuchungen sind über die Einblendung der Uhrzeit auf dem Ultraschalldisplay dokumentiert worden. Nachträglich konnte zu jeder Zeit Änderungen des Befundes zeitlich dokumentiert und ausgewertet werden. Im Abgleich mit den Leitstellendaten des jeweiligen Einsatzes, die über das Funkmeldesystem (FMS) erfasst wurden, konnten so alle relevanten Daten des Rettungseinsatzes wie Ausrück- und Ankunftszeiten am Unfallort, Erreichen des Schockraumes etc. erhoben werden. Durch Erfassung der Einsatznummer konnte das Notarzteinsatzprotokoll mit dem Unfallbogen (*Abb. 16a* ) des Studienprotokolls abgeglichen werden.

##### *Über FMS erfasste Zeiten :*

- A - Zeitpunkt der Alarmierung (Alarmierung des NEF bzw des RTW)
- B1 - Zeitpunkt des Eintreffens des Notarzteinsatzfahrzeugs am Notfallort
- B2 - Zeitpunkt der Ankunft des mit dem Studienassistenten besetzten Fahrzeugs
- C - Zeitpunkt der Abfahrt vom Notfallort in die Klinik
- D - Zeitpunkt der Ankunft in der Klinik

##### *Über die Videokamera bzw. das Ultraschallgerät erfasste Zeiten :*

- a – Zeitpunkt der ersten Ultraschalluntersuchung am Einsatzort / Rettungswagen
- b – Zeitpunkt der zweiten Ultraschalluntersuchung im Rettungswagen

*Berechnung der Zeitspannen aus den oben dokumentierten Zeitpunkten :*

Zeitspanne A – B1	=	Anfahrtszeit des Notarzteinsatzfahrzeugs
Zeitspanne B1 - C	=	Behandlungszeit vor Ort
Zeitspanne C - D	=	Fahrtzeit in die Klinik
Zeitspanne B1 - D	=	Zeitdauer von der Ankunft am Notfallort des NEF bis zur Ankunft des Patienten in der Klinik
Zeitspanne B1 – B2	=	Zeitdauer von der Ankunft des NEF bis Eintreffen des Studienassistenten
Zeitspanne B1 – a	=	Zeitdauer von Ankunft des NEF bis zur ersten Sonographie
Zeitspanne a – D	=	Zeitdauer von der ersten Sonographie bis zur Ankunft des Patienten in der Klinik
Zeitspanne A - a	=	Zeitdauer von der Alarmierung bis zur ersten Ultraschalluntersuchung

#### **4.5 Untersuchungsablauf**

Bei allen in der Leitstelle eingehenden Unfallmeldungen, die den Einsatz des Notarzteinsatzfahrzeuges (NEF bzw RTH) erforderten und bei denen der Leitstellendisponent ein abdominelles Trauma als möglich erachtete (Verkehrsunfälle, Stürze aus größerer Höhe, Einklemmungen etc.) wurde gleichzeitig ein zusätzliches Einsatzfahrzeug der Berufsfeuerwehr (als Träger des Rettungsdienstes) zum Einsatzort geschickt.

Die Sonographie-Ausbildung des Autors erfolgte in einem 4-wöchigen Intensivtraining, welches von einen erfahrenen Unfallchirurgen und einem Radiologen organisiert und begleitet wurde. Insgesamt wurden von dem Autor über 150 abdominelle Sonographien während der Trainingsphase bei einem Normalkollektiv, Intensivpatienten und Schockraumpatienten durchgeführt.

Dieses Fahrzeug wurde mit dem speziell geschulten und ausgebildeten Autor dieser Studie besetzt, der die abdominelle Sonographie Vor-Ort durchführte.

Somit wurde die Ultraschalluntersuchung am Notfallort unabhängig vom Rettungsteam durchgeführt. Vor Beginn der sonographischen Untersuchung wurde der zuständige Notarzt befragt, ob nach der ersten klinischen Beurteilung die Verdachtsdiagnose einer abdominellen oder thorakalen Verletzung gestellt werden könnte und welche Therapie eingeleitet würde.

Der Zeitpunkt der ersten Untersuchung wurde in Rücksprache mit dem vor Ort tätigen Notarzt bzw. dem Rettungsteam bestimmt. Dabei wurde das Rettungsteam zu keiner Zeit in seinen Basismaßnahmen behindert, oder verzögerten diese. Die sonographische Untersuchung wurde unabhängig von der Umgebungsbedingung bei allen Patienten durchgeführt. Weder eine extreme Lagerung des Patienten wie beispielsweise Sitzposition, Seitenlage oder auch Bauchlage, noch extreme Lichtverhältnisse stellten einen Ausschußgrund für die initiale Sonographie von vornherein dar. Die Beurteilbarkeit der Untersuchung auch in diesen Situationen war Gegenstand der Studie.

Nach Abschluss der daraufhin durchgeführten Ultraschalluntersuchung wurde dem Notarzt die sonographische Diagnose mitgeteilt und dieser nach dessen unmittelbar therapeutischen Konsequenzen befragt, die er aus dem sonographischen Untersuchungsergebnis ziehen würde. Hierbei war die entscheidende Fragestellung, ob das Konzept der präklinischen Volumentherapie geändert werden würde. Ferner wurde dokumentiert, ob das häufig bereits ausgewählte Zielkrankenhaus aufgrund der Diagnose eines Abdominaltraumas geändert wurde. Schließlich wurde zur Komplettierung der rettungstechnischen Konsequenzen die Frage gestellt, ob das sonographische Untersuchungsergebnis bzw. die Diagnose eines abdominellen Traumas bzw. dessen Ausschuß über die Rettungsleitstelle auch an das Zielkrankenhaus weitergegeben wurde (Verlaufsbogen *Abb. 16b* und Beurteilungsbogen *Abb. 16c*).

Unmittelbar nach Klinkaufnahme erfolgte die routinemäßige Diagnostik mittels Sonographie durch das Trauma-Team und ggf. eine Computertomographie.

Die Erfassung der Diagnosen und des weiteren klinischen Verlaufes des Patienten erfolgte durch die Erfassung der klinischen Dokumentation und Befunde wie OP-Berichte, Überwachungsbögen der Intensivstation, Narkoseprotokolle, Übergabeprotokolle sowie Entlassungs- und Verlegungsbriefe (*Verlaufsbogen Abb. 16b*).

#### **4.5.1 Anatomische Voraussetzungen, Nachweis freier Flüssigkeit**

Entscheidend bei der abdominellen Sonographie beim Unfallverletzten ist der Ausschluss oder eben der Nachweis freier abdomineller Flüssigkeit. Blut oder andere Flüssigkeiten sind echoarm und stellen sich im Ultraschallbild dunkel bzw. schwarz dar. Intraabdominelles Blut sammelt sich an den jeweils tiefsten Punkten im Abdomen an. Die entsprechenden anatomischen Räume in denen sich Flüssigkeit sammelt haben Eigennamen, deren Lokalisation im Folgenden gezeigt werden. Dabei kann vom Ort der Blutansammlung nicht auf die Ursache bzw. Quelle der Blutung geschlossen werden. In einer großen Studie wurde gezeigt, daß sich bei intraabdominalen Verletzungen mit Blutung im überwiegenden Teil Blut im Morison pouch (66%), im Koller pouch (56%), retrovesikal (48%) und paracolis (36%) ansammelt [39].

In den meisten Studien wird der Nachweis von freier Flüssigkeit in einem der präformierten Räume als positiver Befund gewertet. Eine Quantifizierung ist nicht möglich, lediglich kann eine Unterscheidung in moderaten und massiven Befund semiquantitativ erfolgen, wie Wherett in einer Studie zeigen konnte. Voraussetzung hierbei ist jedoch, daß der gleiche Untersucher die Ultraschalluntersuchung vornimmt [121]. Ma et al definierten einen Saum < 1 cm als schmal, moderat > 1 cm und < 3 cm und groß bei mehr als 3 cm Flüssigkeitssaum [62]. Da in der vorliegenden Studie nur der Autor die Ultraschalluntersuchung durchgeführt hat, konnte auch eine semiquantitative Aussage getroffen werden. So konnten Aussagen über die Dynamik einer intraabdominellen Blutung getroffen werden, z.B. eine Zunahme der freien Flüssigkeit bei Befundkontrolle.

Abb. 5 : Darstellung des Koller- und Morison-pouches im Transversalschnitt [79].

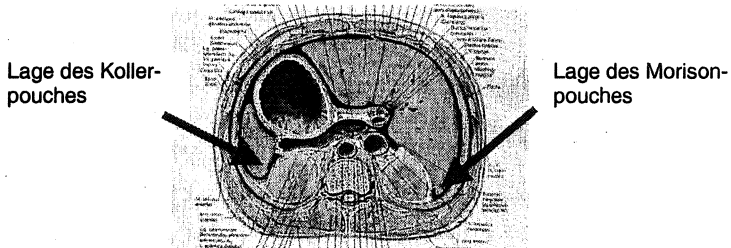


Abb. 6a-b : Darstellung des Morison-pouches und des Koller-pouches im Frontalschnitt (roter Kreis) [47]

Abb. 6a



Abb. 6b

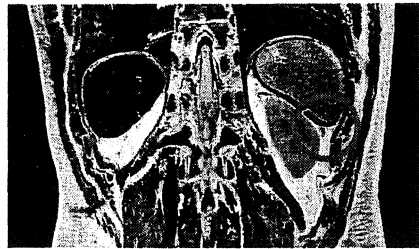


Abb. 7a-b : Darstellung des retrovesikalen Raums im Transversalschnitt und im Sagittalschnitt [47]

Abb: 7a

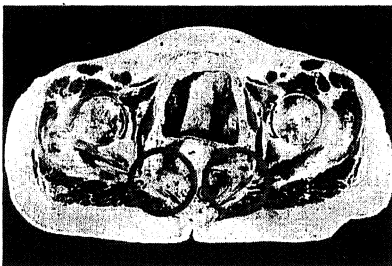
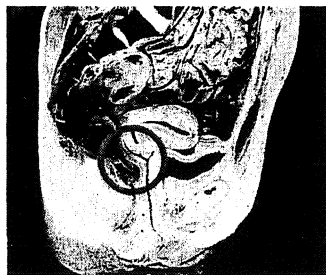


Abb.:7b

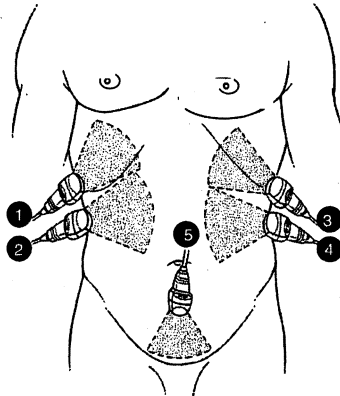


## 4.5.2 Untersuchungsmethode

### 4.5.2.1 FAST

Die Untersuchung am Unfallort oder im Rettungswagen erfolgte dann in 6 Standardschnitten (Tabelle 5), die zur Erfassung freier abdomineller Flüssigkeit oder eines Hämatothorax etabliert sind und in einer Reihe von Studien als Grundlage wissenschaftlicher Untersuchungen verwendet wurden [33,64,93,106,114].

Die Untersuchung am Unfallort erfolgte in der Reihenfolge der in der folgenden Abbildung gezeigten 5 Schallkopfeinstellungen. Der Untersuchungsgang richtet sich nach dem allgemein praktizierten und häufig zitierten Procedere, welches in der angloamerikanischen Literatur als FAST (Focused Abdominal Sonographie for Trauma) bezeichnet wird.



**Abb. 8 :** Standardeinstellungen des Schallkopfes zur Erfassung eines Pleuraergusses und freier abdomineller Flüssigkeit, wie sie in der Studie durchgeführt wurden [61,106].



Tabelle 5 zeigt die 5 Schnittebenen der präklinischen Sonographie [61,106] und mögliche Diagnosen.

	Einstellung des Sektorschallkopfes	Untersuchte Strukturen	Verdachtsdiagnose
1	Lateral-diaphragmaler Längsschnitt rechts	Pleuraraum	Hämatothorax, Pleuraerguß
2	Lateral-caudaler Längsschnitt rechts	Subphrenisch	freie abdominelle Flüssigkeit
		Perihepatisch	
		Morison-Pouch	
3	Lateral-diaphragmaler Längsschnitt links	Pleuraraum	Hämatothorax, Pleuraerguß
		Subphrenisch	freie abdominelle Flüssigkeit
		Perisplenisch	subcapsuläres Milzhämatom, freie abdominelle Flüssigkeit
4	Lateral-caudaler Längsschnitt links	Koller-Pouch	freie abdominelle Flüssigkeit
5	Medianer Unterbauchschnitt quer / längs	retro- und paravesikal	freie abdominelle Flüssigkeit

Abb. 9a

Durchführung der Ultraschalluntersuchung direkt am Notfallort

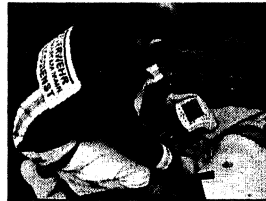


Abb. 9b

Durchführung der Ultraschalluntersuchung im Rettungswagen

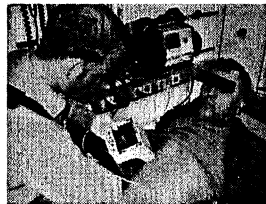


Abb. 10a : schematische Darstellung des Koller Pouches (D) Zwerchfell (A) Milz (B) Niere (C)

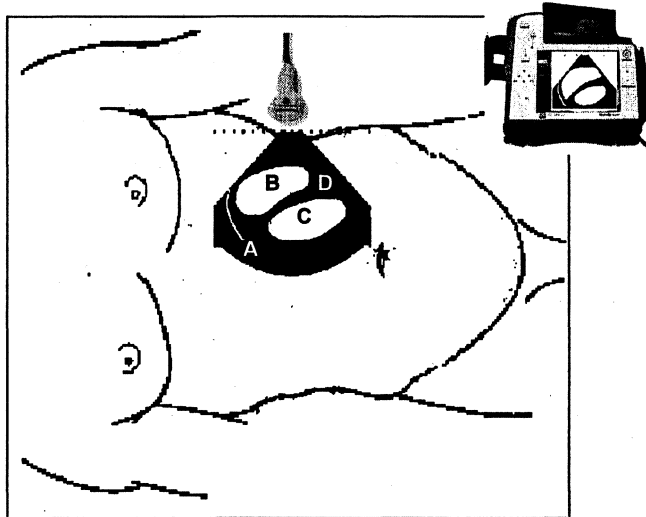
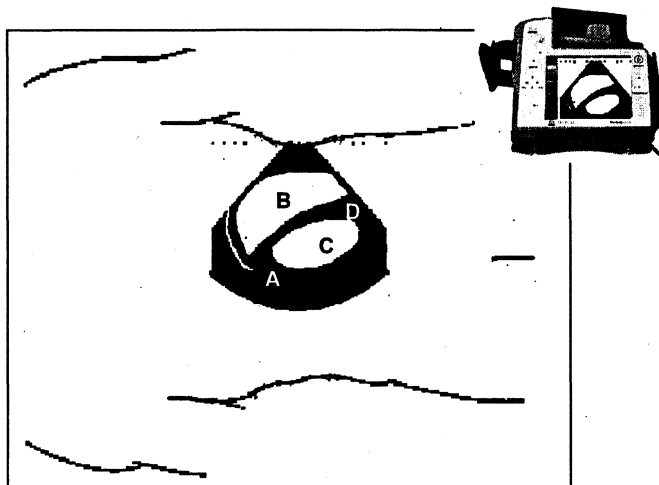


Abb. 10b : schematische Darstellung des Morison-Pouches (D) Zwerchfell (A) Milz (B) Niere (C)



## 1. und 2. Schnittebene

Der lateral-diaphragmale Längsschnitt rechts (1. Schnittebene) liegt in Höhe des 8 bis 10. Intercostalraumes in der mittleren Axillarlinie. Die lateral-caudale Schallkopfposition befindet sich ausgehend von der 1. Position einen Intercostalraum tiefer. Zwischen dem kaudalen Nierenpol und dem schallkopfnahen Leberunterrand befindet sich der Morison-Pouch.

Abb.11 : Hämatothorax

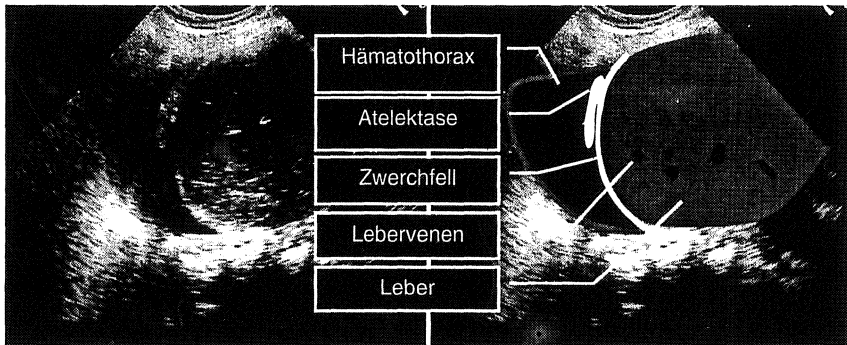
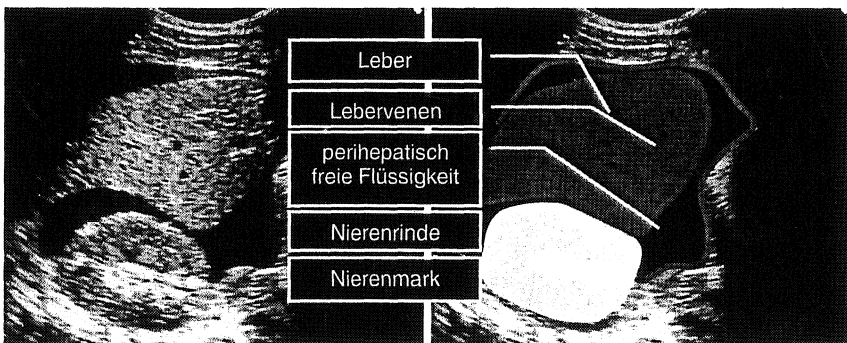


Abb.12 : freie Flüssigkeit perihepatisch



### 3. und 4. Schnittebene

Der lateral-diaphragmale Längsschnitt links (3. Schnittebene) liegt wie die 1. Schnittebene der rechten Seite etwa in Höhe des 8 bis 10. Intercostalraumes. Der lateral-caudale Längsschnitt links liegt 1 bis 2 Intercostalräume tiefer als der zuvor einzustellende lateral-diaphragmale Längsschnitt links.

Abb.13 : Hämatothorax

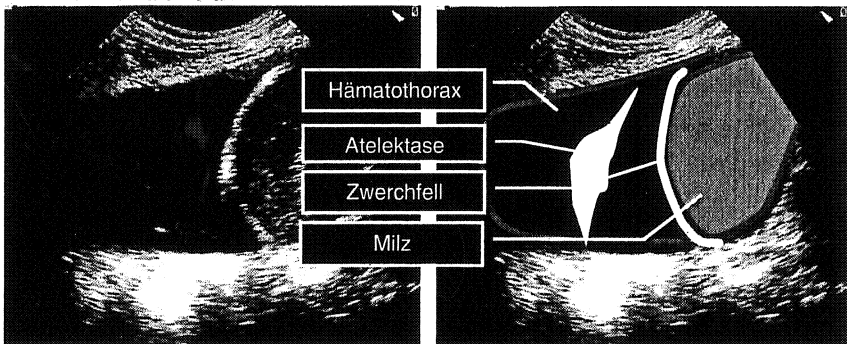
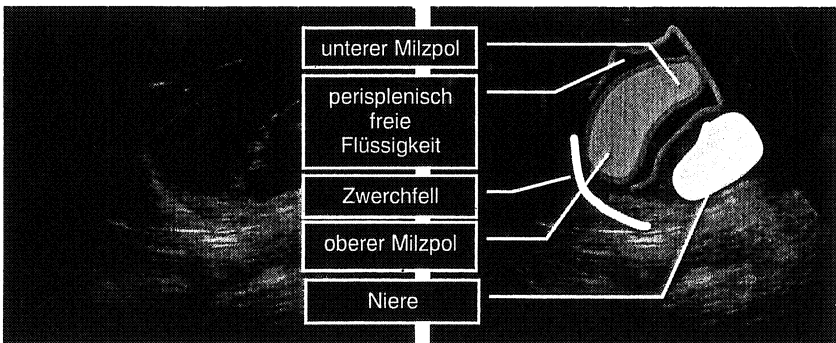


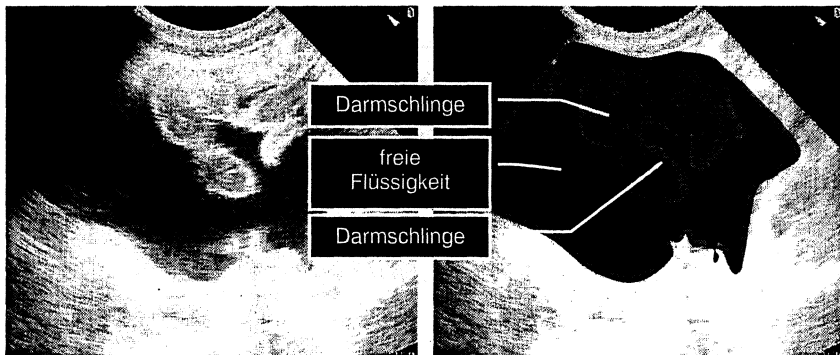
Abb. 14 : freie Flüssigkeit perisplenisch



## 5. Schnittebene

Die 5. Schnittebene wird unmittelbar oberhalb der Symphyse eingestellt. Die gefüllte Blase wird als Schalltransportmedium genutzt, so dass der Schall ungehindert und ohne weitere Artefaktbildung tief in den retrovesikalen Raum eindringen kann. Die gefüllte Blase stellt sich quadratisch dar. Retrovesikal kann freie Flüssigkeit erkannt werden.

Abb. 15 : fulminante Massenblutung





### 4.5.2.2 Verlaufsdokumentation und Verlaufskontrolle

Um in der frühen klinischen Phase eine bessere Beurteilung der Blutungsdynamik durchführen zu können, wurde der präklinische Sonographiebefund mit Angabe der Uhrzeit detailliert dokumentiert und etwa nach 15 Minuten wiederholt. Zu jeder Kontrolluntersuchung wurden weitere Vitalparameter wie Blutdruck, Puls und Sauerstoffsättigung aktualisiert gemessen und dokumentiert .

Abb. 16a : Unfallbogen mit Befunddokumentation der Ultraschalluntersuchungen

<b>STADT FRANKFURT AM MAIN</b> BRANDBURGER KLINIK		Klinikum der Johann Wolfgang Goethe-Universität Frankfurt am Main	
<b>Unfallbogen</b>			
Datum _____			
Einsatznummer _____		Untersucher _____	
Patientennummer _____		Patientennamen _____	
Vorname _____		Geburtsdatum _____	
<b>Unfallart</b>			
<input type="checkbox"/> PKW <input type="checkbox"/> LKW <input type="checkbox"/> Sonstiges		<input type="checkbox"/> Motorrad <input type="checkbox"/> Fahrrad <input type="checkbox"/> Mechanismus	
<input type="checkbox"/> Fußgänger <input type="checkbox"/> Sturz			
<b>Diagnosen</b>			
<input type="checkbox"/> SHT GCS: _____ <input type="checkbox"/> Pupillen re. • • • ll. • • • <input type="checkbox"/> Thoraxtrauma <input type="checkbox"/> leicht <input type="checkbox"/> schwer <input type="checkbox"/> Abdominaltrauma <input type="checkbox"/> stumpf <input type="checkbox"/> spitz		<input type="checkbox"/> Beckenraum <input type="checkbox"/> Wirbelsäule; Neurologie <input type="checkbox"/> Extremitätenverletzungen/ # <input type="checkbox"/> offen <input type="checkbox"/> geschlossen	
RR _____ Puls _____ SaO <sub>2</sub> _____ Beatmung: <input type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> Nein			
<b>BEFUND SONOGRAPHIE:</b>			
		<b>Präkl. Sono</b> Uhrzeit: _____ Ort: _____	
		<b>Klinik Sono</b> Uhrzeit: _____	
		<b>Klinik CT</b> Uhrzeit: _____	
T H O R A X	Pleura Erguss rechts Erguss links	<input type="checkbox"/> ? <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> ? <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
	Perikard Erguss	<input type="checkbox"/> ? <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> ? <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
A B D O M E N	<b>Freie Flüssigkeit</b> subphrenisch rechts subhepatisch Morrison-Pouch <b>Leber</b> Parenchymhämatom rechte Leber linke Leber	<input type="checkbox"/> ? <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> ? <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> ? <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> ? <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> ? <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> ? <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> ? <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> ? <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> ? <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> ? <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> ? <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> ? <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
	<b>Freie Flüssigkeit</b> subphrenisch links perisplenisch Morison-Pouch <b>Milz</b> Parenchymhämatom ventraler Pol dorsaler Pol	<input type="checkbox"/> ? <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> ? <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> ? <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> ? <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> ? <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> ? <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> ? <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> ? <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> ? <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> ? <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> ? <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> ? <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
	<b>Douglas</b> Flüssigkeit	<input type="checkbox"/> ? <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> ? <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
Krankenhaus <input type="checkbox"/> UNI <input type="checkbox"/> BUK <input type="checkbox"/> Hoechst <input type="checkbox"/> Nordwest			

Abb. 16b : Verlaufsbogen zur Erfassung der Zeitdaten und des weiteren klinischen Verlaufs

<b>STADT</b>  <b>FRANKFURT AM MAIN</b> BRANDBURGER STRASSE 100	Klinikum der Johann Wolfgang Goethe-Universität Frankfurt am Main	
--	---	---

**Verlaufsbogen**

Datum	Einsatznummer
-------	---------------

Leitstellendaten	NEF	Sonofahrzeug
	Alarmierungszeit	
	Eintreffzeit	03 : Eintreffzeit 03
	RTW mit / ohne Arzt	
	Patient aufgenommen	04 :
	Krankenhaus	06 :

**Zielkrankenhaus**

Klinikum
----------

**Schockraum-Diagnosen / Notaufnahme**

Vitaldaten	RR	Puls	SeO <sub>2</sub>	Hb	Intubation:	<input type="checkbox"/> Ja	<input type="checkbox"/> Nein
------------	----	------	------------------	----	-------------	-----------------------------	-------------------------------

Diagnosen :

**OP-Bericht am Unfalltag**

OP-Beginn	:	OP-Ende	:	Dauer	:
Bericht	:				
postop.Diagn.	:				

**7-Tage Follow-up**

Datum	:		
Scoreerhebung	:		
Sono-Kontrolle	am	:	Befund
Intensivstation	Verlegung erfolgt am	:	Verlegung voraussichtlich am
Normstation	Entlassung erfolgt am	:	Entlassung voraussichtlich am
Entlassungs-	Verlegungsbericht :		





## 5. Ergebnisse

Insgesamt wurden in dem Untersuchungszeitraum vom 26.09.01 bis 30.04.02 61 Patienten untersucht. Dabei traf das mit dem Studienassistenten besetzte Fahrzeug  $5,09 \pm 5,79$  Minuten (Mittelwert  $\pm$  Standardabweichung) nach dem Notarzteinsatzfahrzeug ein. Die erste Ultraschalluntersuchung konnte so nach  $11,16 \pm 6,6$  Minuten nach Ankunft des Notarztes durchgeführt werden. Die Zeit am Einsatzort betrug  $21,23 \pm 9,87$  Minuten, die Transportzeit betrug  $15,58 \pm 10,2$  Minuten. Der Vorsprung der präklinischen Sonographie vom Unfallort bis zur Aufnahme in die Klinik betrug somit  $20,19 \pm 8,61$  Minuten.  $20,5 \pm 8,26$  Minuten nach Eingang der Unfallmeldung in der Einsatzleitstelle wurden die Patienten sonographiert.

*Tabelle 6 : Zeitpunkte der Ultraschalluntersuchungen in Bezug auf präklinisch und klinisch erfasste Eckdaten.*

<b>Zeitspanne</b>	<b>Mittelwert / Standardabweichung</b>
Eintreffzeit des „Sonofahrzeugs“ nach dem Notarzteinsatzfahrzeug	$5,09 \pm 5,79$
Zeit am Einsatzort	$21,23 \pm 9,87$
Transportzeit	$15,58 \pm 10,2$
Zeit zwischen Eintreffen des NEF am Unfallort und erster Sonographie	$11,16 \pm 6,6$
Zeit zwischen Sonographie und Eintreffen im Krankenhaus	$20,19 \pm 8,61$
Zeit zwischen Aufnahme im Krankenhaus und Sonographie in der Klinik	nicht ermittelbar
Zeit zwischen der Unfallmeldung und der ersten Sonographie	$20,5 \pm 8,26$

Das zumeist ersteintreffende Notarzteinsatzfahrzeug war in 64% mit Chirurgen besetzt, gefolgt von Ärzten der Anästhesie mit 10%. Alle Notärzte bzw. Rettungsassistenten stimmten einer Ultraschalluntersuchung durch den Studienassistenten zu.

Lediglich 5 Notärzte (8,2 %) zeigten kein Interesse an dem Ultraschallbefund, davon wurde ein Notarzt zum nächsten Einsatz bestellt und wollte das Ergebnis der Ultraschalluntersuchung nicht abwarten.

*Tabelle 7: Fachrichtungen der an der Studie beteiligten Notärzte bzw. Rettungsassistent*

	<b>n = 61</b>	<b>%</b>
Anästhesie	6	10
Chirurgie	39	64
Innere Medizin	5	8
Sonstige Fachrichtungen	5	8
Rettungsassistent	6	10

In 38 Fällen waren die Unfallursachen Unfälle im Straßenverkehr, 12 Stürze aus mehr als 3 m Höhe, 5 Schuss- und Stichverletzungen sowie 6 andere Ursachen. Ausgehend vom Notarzteinsatzprotokoll wurde ein Schädelhirntrauma in 21 (34%) Fällen diagnostiziert, bei 19 (31%) Patienten ein Thoraxtrauma vermutet, in 20 (33%) Fällen ein Abdominaltrauma und in 11 Fällen (18%) ein Beckentrauma. Verletzungen der Wirbelsäule wurde in 7 Fällen (11%) und Verletzungen der Extremitäten in 31 Fällen (51%) vermutet. 5 Patienten (8%) verstarben unmittelbar am Unfallort aufgrund multipler Verletzungen, insbesondere aufgrund schwerer Schädel-Hirn-Verletzungen.

*Tabelle 8 : Verletzungsmuster der 61 an der Studie beteiligten Patienten*

<b>Organbeteiligung</b>	<b>Fälle</b>	<b>davon</b>	<b>Fälle</b>
SHT	21		
Thoraxtrauma	19	leicht	7
		schwer	12
Abdominaltrauma	20	stumpf	15
		penetrierend	5
Beckentrauma	11	leicht	9
		schwer	2
Wirbelsäule	7	keine Neurologie	4
		Neurologie	3
Extremitätenverletzung	31	offen	4
		geschlossen	27

Tabelle 9 : Transportbegleitung durch Personal

	n = 61	%
Notarztbehandlung vor Ort	55	90,1 %
Behandlung durch die Rettungswagenbesatzung	6	9,9 %
Tod am Unfallort, kein Transport	5	8,1 %
Transport mit Notarztbegleitung	39	78 %
Transport ohne Notarztbegleitung	10	20 %
Ambulante Behandlung am Notfallort ohne Transport	1	2 %

Bei einer mittleren Therapiezeit am Unfallort von  $21 \pm 10$  min (Mittelwert  $\pm$  Standardabweichung) betrug die durchschnittliche Untersuchungszeit für die Sonographie  $2,8 \pm 1,2$  min. Die präklinische sonographische Diagnose konnte wie bereits erwähnt im Durchschnitt  $20,2 \pm 8,6$  min vor Klinikaufnahme gestellt werden, bei Diagnose eines massiven Befundes jedoch  $28,5 \pm 4,3$  min vor der Aufnahme in die Klinik.

Bei 16 Patienten (26,2%) wurde freie Flüssigkeit gefunden. Der Befund war bei 7 Patienten massiv, bei 9 Patienten konnte ein moderater Befund erhoben werden. Zur Beurteilung der Blutungsdynamik wurde bei allen Patienten mit positivem Befund innerhalb von 15 min bis 30 min eine Kontrolluntersuchung durchgeführt. Ebenfalls sonographisch kontrolliert wurden Patienten mit Mehrfachverletzungen und Patienten mit klinischem oder anamnestischen Verdacht auf ein abdominelles oder thorakales Trauma. 3 der insgesamt 5 am Unfallort verstorbenen Patienten zeigten eine massive intraperitoneale Flüssigkeitsmenge. 4 Patienten mit positivem Befund wurden unmittelbar nach Klinikaufnahme laparotomiert, 3 aufgrund einer Milzruptur splenektomiert. Bei 2 der splenektomierten Patienten wurde aufgrund zusätzlicher diffuser Blutung aus dem Leberparenchym bei oberflächlichen Lacerationen ein „packing“ des Abdomens mit Bauchtüchern durchgeführt.

9 Patienten mit geringer intraperitonealer Flüssigkeitsmenge zeigten in der Computertomographie nicht chirurgisch zu versorgende Leberkontusionen, oder Einblutungen in das Retroperitoneum bzw. ins Mesenterium.

Die präklinische Untersuchung ergab ein falsch positives Ergebnis jedoch kein falsch negatives Ergebnis. Die Spezifität der präklinischen Sonographie betrug somit 97.9%, die Sensitivität 100%, der positive Vorhersagewert 94.2% und der negative Vorhersagewert 100%.

Die Akzeptanz der Sonographie durch die am Unfallort tätigen Notärzte war in 91,8 % positiv. Keiner der Notärzte lehnte die Untersuchung prinzipiell ab, bei entsprechender Erfahrung in der Sonographie wurde der Befund mitbeurteilt.

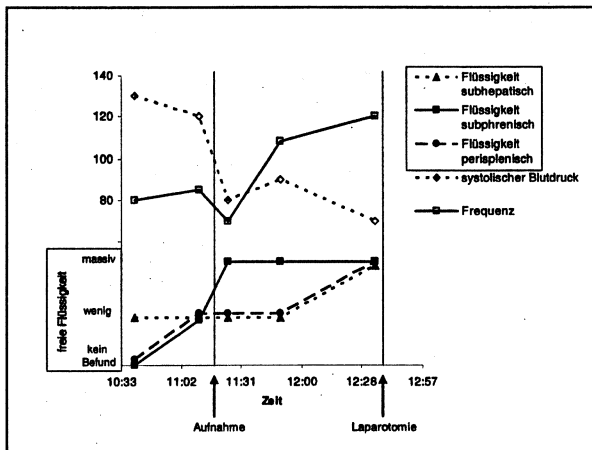
Zwei Fälle sollen die Auswirkung bzw. den potentiellen Einfluss der Sonographie auf das Management exemplarisch darstellen:

#### Fall 1:

Ein 49-jähriger Mann stürzte nach fremdanamnestischen Angaben aus dem Fenster im Hochparterre auf den Bürgersteig. Der Patient war ansprechbar und gab Schmerzen im Beckenbereich an. Die initiale Untersuchung des Patienten ergab die Diagnose eines leichten Schädel-Hirn-Traumas mit retrograder Amnesie sowie ein nicht weiter klassifizierbares Beckentrauma. Der Notarzt beurteilte die Möglichkeit einer abdominalen Blutung aufgrund des unauffälligen klinischen Untersuchungsbefundes und der stabilen Vitalparameter als eher unwahrscheinlich. Der Patient wurde nicht intubiert und lediglich ein peripherer Zugang gelegt. Bei der Anmeldung über die Rettungsleitstelle wurde zunächst kein Schockraumteam angefordert. Die im RTW durchgeführte abdominale Sonographie zeigte zunächst lediglich subhepatisch einen geringen Flüssigkeitssaum (Abb. 17a). Bei der Wiederholung der Sonographie nach 31 Minuten innerhalb der etwa 45 min dauernden präklinischen Versorgung inklusive des Transports, konnte subphrenisch links, sowie perisplenisch ebenfalls freie Flüssigkeit gesehen werden. Aufgrund des nun erhobenen Verdachtes auf eine abdominale Blutung wurde kurz vor Eintreffen in der Zielklinik das Schockraumteam alarmiert. Die erste Sonographie nach Aufnahme bestätigte den massiven Befund.

Die Laparotomie konnte aufgrund logistischer Schwierigkeiten erst mit zeitlicher Verzögerung durchgeführt werden. Als Ursache der massiven Blutung zeigte sich intraoperativ ein Abriss der rechten A. renalis sowie multiple Einblutungen und Lacerationen der parenchymatösen Organe. Es erfolgte unter Massentransfusion eine chirurgische Blutstillung, ein abdominelles „packing“ mit Bauchtüchern sowie eine Revision des Abdomens nach 48 Stunden. Der Patient entwickelte ein Multiorganversagen, dem er letztlich erlag. Retrospektiv wurde bekannt, dass es sich nicht um einen Sturz aus dem Hochparterre, sondern aus dem 3. Stock handelte.

Abb. 17a : Graphische Darstellung des zeitlichen Verlauf der sonographischen Befunde, sowie der Kreislaufparameter bei Sturz aus 8 m Höhe (Fall 1).

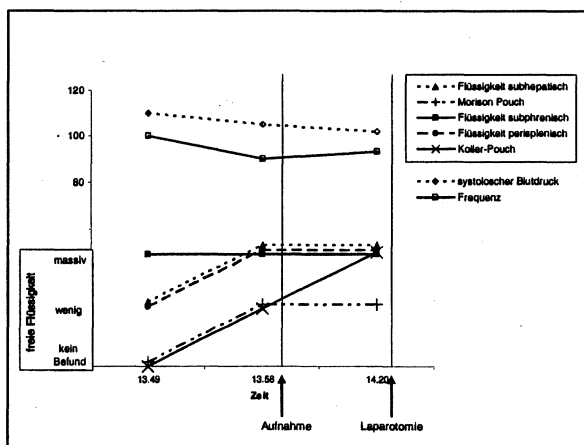


#### Fall 2:

Ein 75 jähriger Fußgänger verunfallte, als er von einem, im Schrittempo-fahrenden Bus seitlich angestoßen worden war und daraufhin auf die Bordsteinkante stürzte. Die initial erhobenen Kreislaufverhältnisse waren stabil. Bei der klinischen Untersuchung am Unfallort wurde ein Schädel-Hirn-Trauma diagnostiziert. Weitere Verletzungen ergaben sich nicht, insbesondere das Abdomen war zum Zeitpunkt der Untersuchung klinisch unauffällig

Die unmittelbar über den Zustand informierte Rettungsleitstelle ordnete den Transport in ein nahe gelegenes Stadtkrankenhaus an. Die noch am Unfallort durchgeführte Sonographie ergab jedoch massiv freie Flüssigkeit subphrenisch links sowie einen geringgradigen Befund subhepatisch und perisplenisch (Abb. 17b). Im Koller- sowie Morison-Pouch konnte initial kein auffälliger Befund erhoben werden. Die Diagnose einer abdominellen Verletzung wurde an die Rettungsleitstelle unmittelbar weitergeleitet, die daraufhin das Zielkrankenhaus änderte und ein Haus der Maximalversorgung anfahren ließ. Das sonographische Ergebnis konnte an das aufzunehmende Krankenhaus übermittelt werden, so dass die zur Laparotomie notwendigen Vorbereitungen noch vor Aufnahme des Patienten getroffen werden konnten. Die unmittelbar vor Ankunft in der Zielklinik durchgeführte Wiederholung der Sonographie zeigte bei weiterhin stabilen Kreislaufverhältnissen eine deutliche Zunahme der pathologischen Befunde aller relevanten Kompartimente. Innerhalb von 15 min nach Aufnahme der Patientin wurde bereits mit der Laparotomie begonnen. Aufgrund einer Milzruptur erfolgte die Splenektomie. Der Patient konnte nach kurzer intensivmedizinischer Behandlung auf die Normalstation verlegt und schließlich nach Hause entlassen werden.

**Abb.17b :** Graphische Darstellung der Sonographiebefunde des Falls 2 sowie Vitalparameter des klinisch zunächst unauffälligen 75-jährigen Fußgängers, nachdem er von einem Bus erfasst wurde.



## **5.1 Machbarkeitsaspekte**

### **5.1.1 Größe des Ultraschallgerätes**

Aufgrund der bisher nicht verfügbar geeigneten Gerätegröße, war die Ultraschalldiagnostik bislang präklinisch technisch nicht möglich.

Die für die Prälinik gestellte Anforderung im Rahmen der Studie war daher die Größe des Gerätes. Das Gerät Priemedic erfüllte als einziges die Studienkriterien, insbesondere die lange Betriebszeit von 3 Stunden. Das von dem Hersteller empfohlene Koffersystem und Tragen des Gerätes am Arm während des Einsatzes (*Abb. 18*) stellte sich als nicht praktikabel dar. Für die Zwecke der Studie wurde das Gerät in einer kleinen Tasche zusammen mit der für die Dokumentation erforderlichen Videokamera befördert.

Für den Einsatz im regulären Notarzteinsatz stellt sich dieses System jedoch trotzdem als nicht praktikabel dar, so daß das Gerät neu gestaltet werden musste.

*Abb. 18 : Darstellung der Befestigung des Gerätes am Arm*



#### **5.1.1.1 Erprobung im bodengebundenen Rettungsdienst**

In der durchgeführten Studie wurden 60 Patienten im Rettungswagen untersucht. Bei allen Patienten stellte der Untersuchungsgang von Seiten der Gerätegröße kein Problem dar.

Aufgrund der Lagerung des Patienten auf der schmalen Trage des Rettungswagens waren vor allem die rechtslaterale und linkslaterale Schallkopfeinstellung sehr günstig zu erreichen.

In der Regel wurde hier rechts vom Patienten aus stehend sonographiert. Durch das Tragen des Gerätes an einem Tragegurt, bzw. Halten mit der linken Hand, war das Gerät immer im Augengebiet des Untersuchers fixiert und störte zu keiner Zeit die Maßnahmen des Rettungsdienstpersonals. Allerdings zeigten sich hier die Probleme der fehlenden Kompaktheit des Gerätes, da 3 Komponenten (Bildschirm, Akku, Videokamera zur Dokumentation) gesondert mitgeführt wurden.

Die Bildqualität war trotz unterschiedlicher z.T. kritischer Untersuchungsbedingungen befriedigend bis sehr gut. Alle Untersuchungen lieferten Bilder, die eine Aussage und Beurteilung erlaubten.

Bei Tageslicht wurden am Unfallort 8.2 % der Untersuchungen durchgeführt. Sowohl die Bildqualität als auch die Untersuchungsbedingungen wurden als gut bis zufriedenstellend beurteilt. In Gebäuden wurden 9.8% der Untersuchungen durchgeführt. Die Bildqualität in geschlossenen Räumen waren je nach Lichteinfall im Vergleich zum Unfallort im Freien deutlich optimiert, die sonstigen Untersuchungsbedingungen konnten mit gut bis sehr gut eingestuft werden. Im Rettungswagen wurden 82 % der Fälle primär sonographiert sowie in allen Fällen der Studie die Kontrollsonographie durchgeführt, sofern die Patienten transportiert wurden. Im Rettungswagen waren die Bildqualität und die Bedingungen zur Ultraschalluntersuchung stets sehr gut. Insbesondere die optimale Lagerung des Patienten auf der schmalen Trage und die bereits für die körperliche Untersuchung notwendige Entkleidung des Stammes ergaben optimale ungehinderte Untersuchungsbedingungen.



### 5.1.1.2 Erprobung in der Luftrettung

Zwei Patienten wurden während der Studie im Hubschrauber sonographiert (Hubschrauber vom Typ BK 117). Auch hier zeigte sich räumlich kein Problem den Untersuchungsgang an den Patienten durchzuführen.

### 5.1.2 Zeitdauer für die präklinische Ultraschalldiagnostik

Zur Durchführung der Sonographie war in 90% der Fälle ausreichend Zeit, in 8% musste die Untersuchung aufgrund einer Änderung der Situation der kritisch kranken Patienten abgebrochen werden. In diesen Fällen wurde bereits im rechts lateralen Schnittbild ein positiver abdomineller Befund und eine sich verschlechternde systemische Kreislaufreaktion festgestellt, so dass unter der Diagnose einer massiven abdominellen Blutung die Einstellung der anderen abdominellen Schnittebenen nicht mehr notwendig und der sofortige Transport indiziert war. Die Untersuchungszeit betrug in 52 % der Fälle weniger als 2 Minuten.

*Tabelle 10 : Einschätzung des Studienassistenten für die Sonographie*

Einschätzung	n = 61	%
keine	1	1,6
zu wenig	5	8,2
ausreichend	55	90,16

*Tabelle 11 : Dauer für die Ultraschall-Untersuchung (gesamter FAST-Ablauf)*

Zeit zwischen	n = 61	%
0 - < 1 Minute	5	8,2
1 - < 2 Minute	27	44,26
2 - < 3 Minute	13	21,3
3 - < 4 Minute	9	14,75
4 - < 5 Minute	6	9,8
>5 Minuten	1	1,6

### 5.1.3 klinische Verdachtsdiagnose

In 16/61 Fällen (26,2%) wurde freie Flüssigkeit sonographisch diagnostiziert. In 9 Fällen wurde vom Notarzt vor der Diagnostik durch die Ultraschalluntersuchung der Verdacht auf eine intraperitoneale Blutung geäußert, lediglich in 4 Fällen (45%) konnte dieser Verdacht sonographisch bestätigt werden. In den 16 Fällen, bei denen sonographisch eine Blutung diagnostiziert wurde, wurde lediglich in 4 Fällen (25 %) zuvor der Verdacht durch den Notarzt geäußert. Dies entspricht einer Sensitivität von 11% bzw Spezifität von 75% für die klinische Verdachtsdiagnose. Bzgl. eines möglichen Thoraxtraumas wurde in 8 Fällen vom Notarzt vor der Diagnostik durch die Ultraschalluntersuchung der Verdacht auf einen Hämatothorax geäußert, in keinem dieser Fälle wurde dieser Verdacht sonographisch bestätigt. In einem Fall wurde sonographisch ein Hämatothorax diagnostiziert, der vom Notarzt nicht vermutet wurde.

*Tabelle 12a : klinischer Verdacht des Notarztes bzw. Rettungsassistenten bezügl. eines möglichen Hämatothorax und tatsächlicher Sonographiebefund*

	Sonographisch Hämatothorax	Sonographisch kein Hämatothorax	
Hämatothorax klinisch vermutet	0	8	8
Hämatothorax klinisch nicht vermutet	1	52	53
	1	60	61

*Tabelle 12b : klinischer Verdacht des Notarztes bzw. Rettungsassistenten bezügl. einer möglichen abdominellen Blutung und tatsächlicher Sonographiebefund*

	freie Flüssigkeit in der Sonographie	sonographisch keine freie Flüssigkeit	
abdominelle Blutung klinisch vermutet	4	5	9
abdominelle Blutung klinisch nicht vermutet	12	40	52
	16	45	61

## 5.2 Auswirkungen auf das Management vor Ort

### 5.2.1 Änderung des therapeutischen Managements

In 22/61 Fällen (36,1 %) wurde vom Notarzt bzw. Rettungsassistenten eine Änderung bei der Therapie in Abhängigkeit vom sonographischen Untersuchungsergebnis angegeben wie z.B. Änderungen des Volumenmanagements, Gabe von mehr Volumen, Legen eines zweiten peripher venösen Zuganges etc, bis zum Abbruch weiterer Therapieversuchen zugunsten eines „load and go“-Prinzips.

### 5.2.2 Änderung in der Wahl der Zielklinik

*Tabelle 13 : Vom Notarzt bzw. Rettungsassistenten angegebene Änderung des Managements bezogen auf den Zielort*

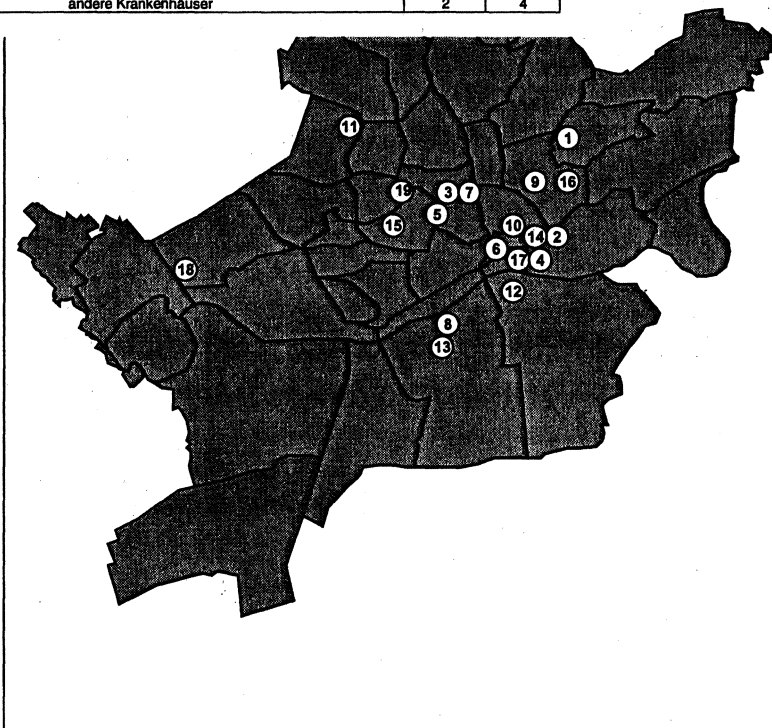
	n=61	%
Zielklinik / Art der Aufnahme wird beeinflusst	19	31,1
Zielklinik	13	21,3
Schockraum statt Poliklinik	1	1,6
Poliklinik statt Schockraum	3	5
Kleines statt großes Schockraumteam	1	1,6
Ergebnis führt zur amb.Behandlung	1	5
Änderung wäre erforderlich gewesen	3	5

Der schon präklinisch gestellte Ultraschallbefund führte in 21,3 % der Fälle zu einer Änderung des Zielkrankenhauses. In einem Fall wurde der Patient statt über die Poliklinik über den Schockraum aufgenommen, in 3 Fällen konnte auf den Schockraum verzichtet werden. In einem anderen Fall wurde auf ein kleines Schockraumteam (Chirurgie und Radiologie) zurückgegriffen.

In einem weiteren Fall führte der Ausschluß zur ambulanten Versorgung vor Ort, ohne Vorstellung in der Klinik. In 3 Fällen wäre eine Änderung der Zielklinik aufgrund mangelnder Kapazitäten seitens der aufnehmenden Klinik indiziert gewesen.

Abb. 19 : Geographische Verteilung der Patienten auf die Krankenhäuser

Standort	Name des Krankenhauses	n= 55	%
1	Berufsgenossenschaftliche Unfallklinik	14	25
2	Brüderkrankenhaus (2001 bereits geschlossen)		
3	Bürgerhospital	1	2
4	Clementine Kinderkrankenhaus		
5	Diakonissen Krankenhaus		
6	Herzzentrum Frankfurt (2001 bereits geschlossen)		
7	Hospital zum heiligen Geist	1	2
8	Klinikum der Johann-Wolfgang Goethe Universität	25	45
9	Krankenhaus Bethanien		
10	Krankenhaus Meingau vom Roten Kreuz		
11	Krankenhaus Nordwest	1	2
12	Krankenhaus Sachsenhausen	2	4
13	Orthop. Universitätsklinik Friedrichsheim		
14	Rotes Kreuz Krankenhaus		
15	St. Elisabethenkrankenhaus	1	2
16	St. Katharinen - Krankenhaus	5	9
17	St. Marienkrankenhaus		
18	Städtische Kliniken Frankfurt a.M. - Höchst	3	5
19	Markus - Krankenhaus		
	andere Krankenhäuser	2	4



### 5.3. Auswirkungen auf die Kommunikationsstruktur

#### 5.3.1 Anmeldung über die Leitstelle

Um eine Optimierung des Traumamanagements durch die schon präklinisch erhobenen Befunde zu erreichen, muß das Ergebnis zwingend an das aufnehmende Krankenhaus übermittelt werden. Insgesamt sind  $28/61 = 45,9\%$  der Patienten vom Notarzt bzw. Rettungsassistenten über die Leitstelle in der aufnehmenden Klinik angemeldet worden.

Dabei wurde lediglich in 2 Fällen der sonographische Befund der Leitstelle übermittelt. In einem Fall wurde das Ergebnis der aufnehmenden Klinik weitergegeben.

*Tabelle 14 : Datenübermittlung an die Einsatzleitstelle*

<b>Datenübermittlung</b>	<b>n=61</b>	<b>%</b>
Patient nicht über Leitstelle angemeldet	33	54,1
Patient über Leitstelle in der Klinik angemeldet	28	45,9
Sonographischer Befund wurde der Leitstelle übermittelt	2	3,2
Sonographisches Ergebnis wurde in der Leitstelle wahrgenommen	2	100
Sonographisches Ergebnis hat die Disposition beeinflusst	1	50
Sonographisches Ergebnis wurde an die aufnehmende Klinik übermittelt	1	50

### 5.3.2 Zeitvorsprung für die aufnehmende Klinik

Wie bereits dargestellt kommt dem Faktor Zeit eine entscheidene Bedeutung zu. Zuvor wurde die Machbarkeit des Untersuchungsganges in kurzer Zeit dargestellt. Im folgenden wird der Zeitvorsprung für die aufnehmende Klinik und damit die Möglichkeit der Änderung des Managements der Klinik in Abhängigkeit des sonographischen Befundes dargestellt. Je nach initialem sonographischem Befund bei Aufnahme im Krankenhauses konnten 3 Gruppen unterschieden werden :

Gruppe 1 : initial massiver Befund bzw. massiver Befund bei

Aufnahme in der Klinik 7/61 (11,4%)

Gruppe 2 : Befund moderat bei Klinikaufnahme 9/61 (14,7%)

Gruppe 3 : negativer Befund bei Klinikaufnahme 45/61 (73,7%)

*Tabelle 15 : Gruppe 1: initial massiver Befund bzw. massiver Befund bei Aufnahme im Krankenhaus in 7/61 (11,4%) Fällen*

Befund	n = 7	%
Initial massiver Befund	3/7	42,8
Initial massiver Befund mit weiterer Progression	2/7	28,6
Initial moderater Befund mit weiterer Progression	2/7	28,6
Zeitdaten (min)	Mittelwert (min)	Standardabweichung
Zeitdauer zwischen Sono-Befund bis Aufnahme in die Klinik (n = 4)	28,5	4,3
Transportzeit (n = 4)	15,3	6,1
Zeit am Unfallort (n = 4)	23	4,1

7 Patienten der Gruppe 1 hatten bei Aufnahme im Krankenhaus bzw. bei Abschluß der präklinischen Diagnostik einen massiven Befund. 3 Patienten starben noch am Unfallort mit sonographisch massiv freier abdomineller Flüssigkeit. 2 Patienten boten eine Progression des Befundes nach erneuter präklinischer Ultraschalldiagnostik bei initialem moderaten bzw. massiven Befund.

Alle Patienten wurden laparotomiert, 3 wurden splenektomiert, in 2 Fällen fand ein abdominelles „packing“ statt. Der Zeitvorsprung der Diagnose bis zum Erreichen der Klinik betrug bei dieser Patientengruppe  $28,5 \pm 4,3$  Minuten. 9 Patienten der Gruppe 2 ohne Progression hatten nur wenig freie Flüssigkeit. Alle Patienten bedurften keiner chirurgischen Intervention und wurden konservativ behandelt.

*Tabelle 16 : Gruppe 2 : Moderater Befund bei Klinikaufnahme in 9/61 ( 14,7%) Fällen*

<b>Befund</b>	<b>n = 9</b>	<b>%</b>
Initial moderater Befund, keine Progredienz	9/9	100
<b>Zeitdaten (min)</b>	<b>Mittelwert (min)</b>	<b>Standardabweichung</b>
Zeitdauer zwischen Sonographie und Aufnahme in die Klinik	17,3	8,0
Transportzeit	15	9,5
Zeit am Unfallort	18,5	5,4

45 Patienten der Gruppe 3 zeigten präklinisch keinen Anhalt für freie Flüssigkeit und wurden konservativ behandelt. Der Zeitvorsprung in dieser Gruppe beträgt  $20,46 \pm 8,43$  Minuten und ist dem der Gruppe 2 vergleichbar. Zwei Patienten starben am Unfallort ohne pathologischen sonographischen Befund.

*Tabelle 17 : Gruppe 3 : kein Befund bei Klinikaufnahme in 45/61 (73,7%) Fällen*

<b>Befund</b>	<b>n = 45</b>	<b>%</b>
Initial kein Befund, keine Progredienz	45/45	100
<b>Zeitdaten (min)</b>	<b>Mittelwert (min)</b>	<b>Standardabweichung</b>
Zeitdauer zwischen Sono-Befund und Aufnahme in die Klinik (n = 43)	20,5	8,4
Transportzeit n = 43	15,8	10,8
Zeit am Unfallort n = 43	21,9	10,9

#### 5.4 Einbindung der präklinischen Sonographie in Algorithmen

Abb. 20a : Management in Abhängigkeit vom sonographischen Befund

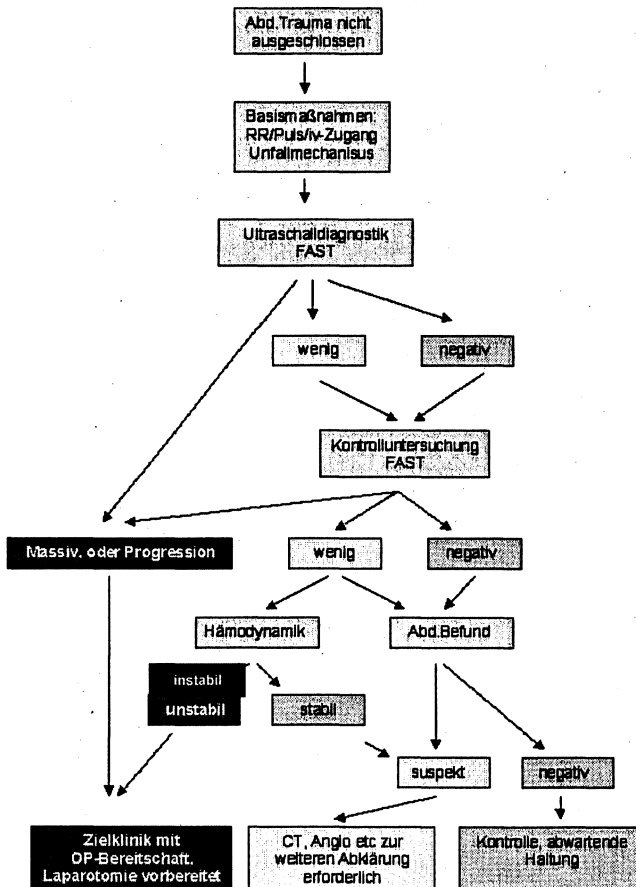
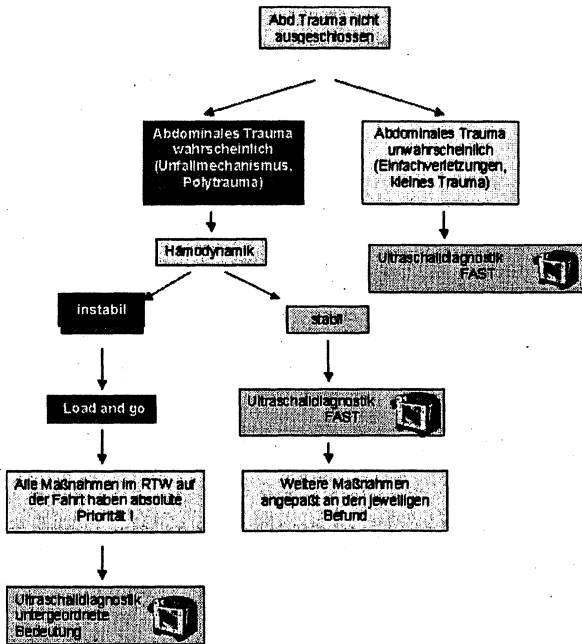




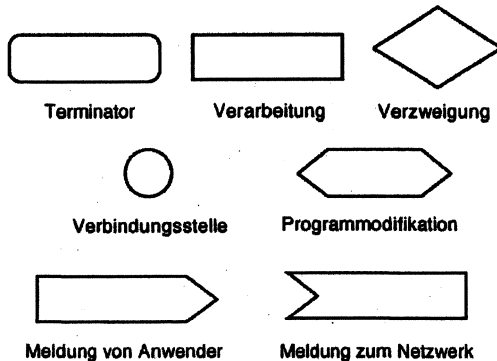
Abb. 20b : Zeitpunkt und Bedeutung der präklinischen Sonographie in Abhängigkeit von der Hämodynamik



Auf die Bedeutung von Algorithmen in der Notfallmedizin wurde eingehend eingegangen. Nun soll dargestellt werden, wie die präklinische Sonographie in bestehende Algorithmen integriert werden kann.

Zuvor werden die im Algorithmus verwendeten Symbole erklärt und erläutert [56]. Für den Bereich der Informatik und Datenverarbeitung ist die Darstellung von Flußdiagrammen mittels Symbolen durch die ISO-Norm 5807 beziehungsweise DIN-Norm 66001 durch technische Regeln festgelegt und normiert (Abb. 21).

Abb. 21 : Bedeutung der Algorithmus-Symbole nach ISO / DIN / CCITT



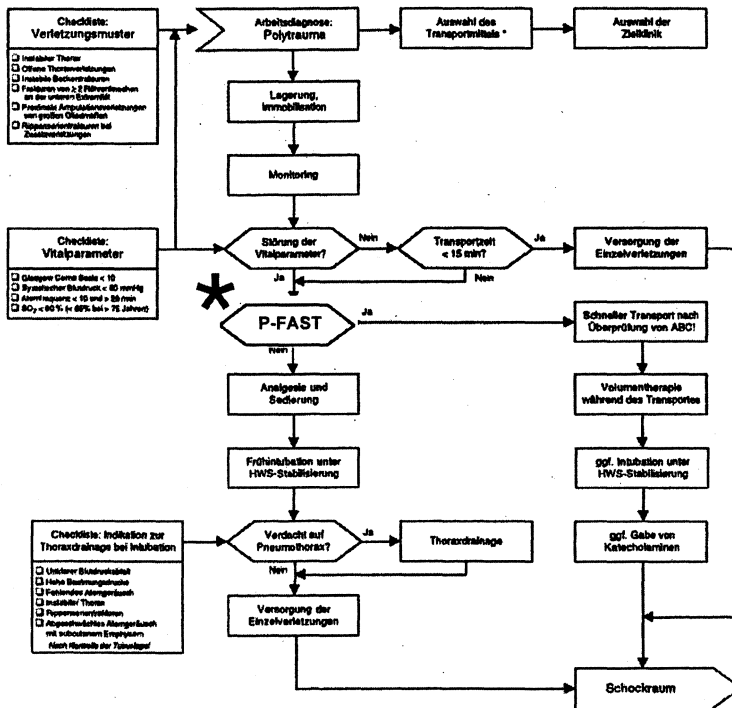
Der Anfangspunkt oder die Endpunkte eines Flußdiagramms werden durch das Terminatorsymbol gekennzeichnet. Rechtecke stellen die Verarbeitung, Rauten die Verzweigungen oder Entscheidungsknoten dar. In der CCITT-Norm für den Datentransfer in der Telekommunikation finden sich zusätzlich spezielle Symbole für die Meldungen von und zum Netzwerk. Die einzelnen Bestandteile werden systematisch angeordnet und durch Richtungspfeile logisch miteinander verknüpft.

In Abb. 22 ist der Zeitpunkt der präklinischen Sonographie in den Algorithmus an der mit dem Kreuz gekennzeichneten Stelle eingefügt. Nur so können Blutungen im Bauchraum sicher erkannt werden, allein der zuvor bezeichnete Blutdruck < 80mmHG reicht zur Blutungsdiagnostik nicht aus.

Abb. 22 : Darstellung des neuen Algorithmus unter Einbeziehung der Ultraschalldiagnostik

## Präklinisches Polytrauma Management II

© 2/2000



### 5.5 Modifikation des Ultraschallgerätes

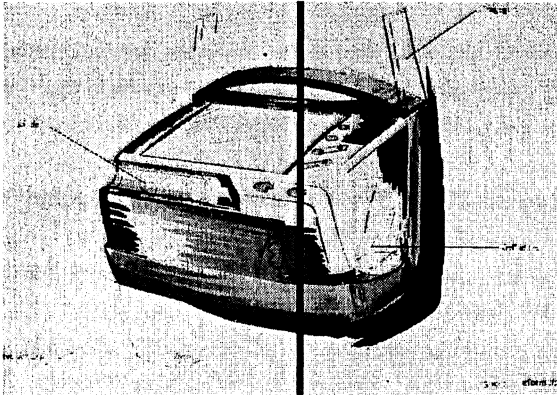
Im Rahmen der Studie traten folgende Nachteile in der Bedienung und Nutzung des piomedical 500 S tringa auf.

- fehlende interne Speichermöglichkeit
- langes Kabel zwischen Gerät und Schallkopf
- fehlende Sicherungsmöglichkeit des Ultraschallkopfes
- seperater Akku mit zusätzlichem Kabel
- fehlende ergonomische Handführung am Ultraschallgerät
- fehlende Bedienbarkeit mit einer Hand während des Untersuchungs-ablaufs
- fehlende Markierung an der Ultraschallsonde zur „Rechts-Links-Orientierung“
- spiegelnder Bildschirm
- fehlende und nach Euronorm geforderte sichere Wandhalterung für Rettungswagen bzw. Hubschrauber

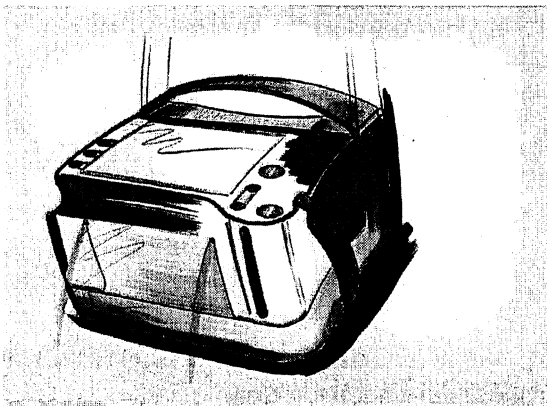
Mit der Firma Metrax wurden im Rahmen dieser Arbeit Konzepte entwickelt, die die Bedienbarkeit des Gerätes mit nur einer Hand gewährleisten sollten, eine Speicherfunktion des eingefrorenen Bildes zu ermöglichen sowie den Akku in das Gerät zu integrieren.

Dabei wurden mit der Entwicklungsabteilung der Firma Metrax, sowie einer Designfirma 2 Modelle erarbeitet, die den Akku integrierten und ein optimiertes Handling nach ergonomischen Gesichtspunkten gewährleisteten (Abb.23a-b).

**Abb. 23a : Neukonzeption des Ultraschallgerätes : der Akku ist integriert, aber noch ohne Möglichkeit der Bedienung mit der linken Hand.**



**Abb. 23b : Die weitere Modifizierung zeigt die Möglichkeit der Bedienung mit Hilfe des linken Daumens und Schlaufe für die Hand (Modellzeichnung).**



Die Erprobung fand am Holzmodell statt. Hier wurde klar, daß nur Variante 2 eine Bedienung mit nur einer Hand während des gesamten Untersuchungsablaufs gewährleisten konnte und auch am Haltegürtel einen optimalen Schwerpunkt aufwies.

Der Akku wurde integriert, der Schallkopf erhielt eine feste Lagerungsposition. Das Kabel wurde verkürzt, so daß beim Einsatz im Stehen die Sonde nach Sturz nicht mehr den Boden berühren kann. Weiterhin wurde das Gehäuse so modifiziert, daß das Gerät stoß- und spritzwassergeschützt ist. Alle Funktionseinheiten und Bedienelemente wurden derart konzipiert um einen Einsatz im Rettungsdienst zu ermöglichen:

- klare Gliederung der Funktionseinheiten
- Reduzierung der Funktionen auf das Notwendige
- klare, selbsterklärende Bedienelemente
- ergonomische Gestaltung

Der Monitor mit dem hochauflösenden LCD-Graphic-Display, das selbst unter problematischen Lichtverhältnissen, wie dargestellt wurde, hohen Bildkontrast liefert, wurde beibehalten. Lediglich die spiegelnde Oberfläche konnte nicht modifiziert werden und stellt einen Schwachpunkt des Gerätes dar. Die Bildauflösung beträgt weiterhin 320 x 240 Pixel mit 256 Graustufen.

Der Betrieb des neuen Gerätes (im folgenden neue Bezeichnung als Primedic Handyscan TM) ist nur mit Akkupak möglich, auf Netzbetrieb wurde wegen des präklinischen Einsatzes verzichtet. Die Erprobung hatte gezeigt, daß die Versorgung mit dem Akku bei mehr als 5 Stunden Dauerbetrieb in optimaler Weise gewährleistet war.

Die Energieversorgung des Primedic Handyscan TM erfolgt weiterhin aus einem Akku mit NiMh-Zellen. Das Gerät muss bei vollständiger Entladung wiederum 5 Stunden aufgeladen werden. Durch den Nickel-Ionen-Akku bewirkt ein wiederholtes Aufladen ohne vorherige Tiefentladung keinen Memory-Effekt.

Abb. 24a:

Das kompakte Gerät mit integriertem Akku und interner Speichermöglichkeit.

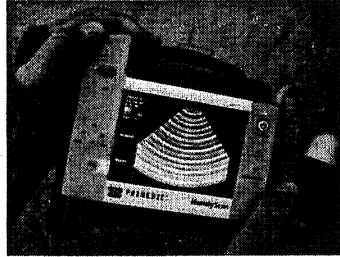


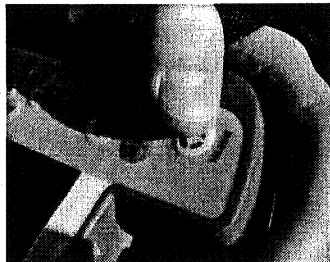
Abb. 24b:

Das Gerät wird nun mit der linken Hand gehalten und wahlweise zusätzlich mit dem Tragegurt gesichert.



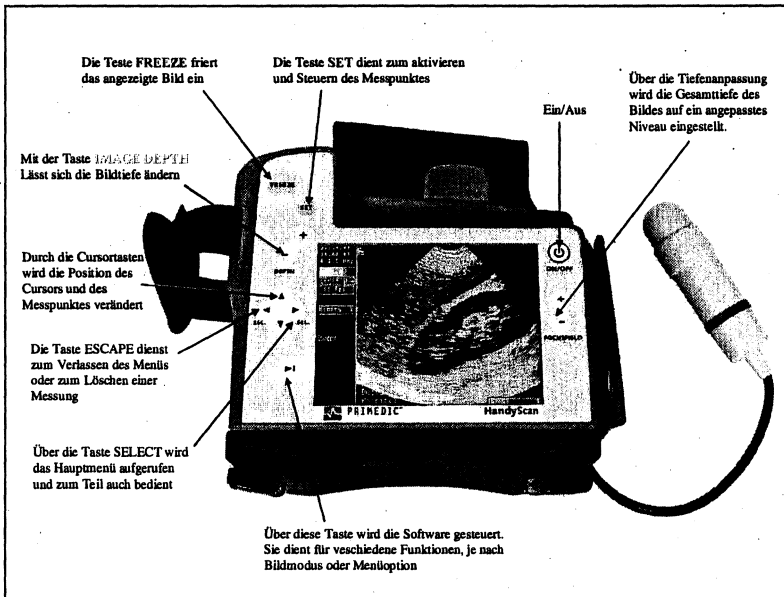
Abb. 24c:

Die Bedienung der einzelnen Elemente erfolgt während der Sonographie mit dem Daumen der das Gerät tragenden Hand. Lediglich bei der Speicherung des Bildes ist dies nicht möglich.



Das nun 2,2 kg schwere Geräte Primedic Handyscan wird beim Einsatz entweder mit einem Gurt um den Hals oder in der linken Hand getragen. Hierzu wurde neben einem anatomischen Handgriff ein flexibel einstellbares Klettband montiert. Die Tasten für die wichtigsten Funktionen während der Ultraschalluntersuchung (Freeze, Set und Tiefeneinstellung) können mit dem Daumen der linken Hand problemlos erreicht werden. Zur Durchführung der Ultraschalluntersuchung müssen keine aufwendigen Einstellung vorgenommen werden, nach Starten des Gerätes erscheint nach wenigen Sekunden eine schallbereite, bei Bedarf auch eine selbst vorgewählte Konfiguration. Technisch ist das mobile Gerät mit einem mechanischen Sektorschallkopf ausgerüstet, welcher mit wahlweise 3.5 oder 5 MHz betrieben wird.

Abb. 25 Oberflächenmaske mit Gehäuse

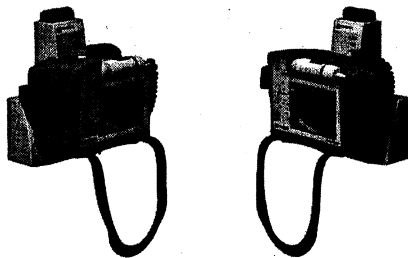




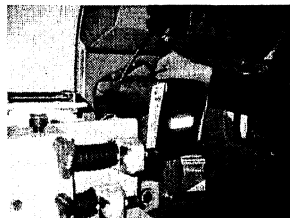
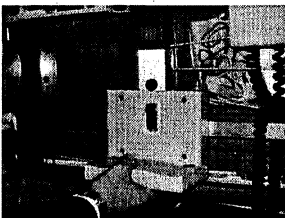
Weitere wichtige Bedeutung kommt einer geeigneten Wandhalterung zu. Im alltäglichen Einsatz müssen unter Umständen eine Vielzahl an mobilen Diagnose und Therapie-Geräten (Absaugeinheit, EKG-Gerät, Koffersystem/Rucksacksystem) mit an den Einsatzort genommen werden.

Jedes Gerät im Rettungswagen muß nach EN-Norm mit einer Halterung ausgestattet und einer Sicherheitsüberprüfung unterzogen worden sein. Ob ein Gerät mit an den Notfallort mitgenommen wird, hängt bei dem Zeitdruck unter Umständen davon ab, wie schnell dieses Gerät aus seiner Halterung genommen werden kann. Die Halterung des Ultraschallgerätes wurde so entwickelt, daß das Gerät durch Druck auf den roten Knopf entsichert wird und aus seiner Halterung entnommen werden kann. Der zeitliche Aufwand hierfür liegt im Sekundenbereich. Die Konsole kann über verschiedene Adaptern (optional) an einer Wand oder im Rettungswagen fixiert werden. Die Wandhalterung ist nach der EN1789 getestet.

*Abb. 26 : Ultraschallgerät in seiner Halterung (nicht endgültige Version)*



*Abb 27 : Konzept der Halterung im Hubschrauber (Bo 105) links ohne Gerät und rechts mit Gerät im Hubschrauber (BK117) (derzeit noch keine Zulassung)*



### 5.5.1 Erprobung im Notarztdienst (Frankfurt am Main 2003)

Die Tauglichkeit des modifizierten Ultraschallgerätes wurde von den Notärzten des NEF 6 der Universität Frankfurt/Main bodengebunden und von den Notärzten der Berufsgenossenschaftlichen Unfallklinik Frankfurt/Main in der Luftrettung erprobt. Die nun erreichte Anwenderfreundlichkeit des Gerätes konnten alle Notärzte bestätigen.

Abb. 28a

*Ultraschalldiagnostik vor Ort bei einer eingeklemmten Person in der U-Bahn durch die Notärztin. Der Patient wurde am Bahnsteig eingeklemmt. Es bestand der V.a ein Abdominal- und Beckentrauma. Aufgrund fehlender intra-abdomineller Blutungen konnte der Patient schonend befreit werden.*



Abb. 28b

*Ultraschalldiagnostik bei einer im Auto mit den Beinen eingeklemmten Person durch den Notarzt. Auch hier führte der Ausschluß freier Flüssigkeit zur schonenden Rettung.*



### 5.5.2 Erprobung beim Massenanfall von Verletzten (Berlin 2003)

Die Erprobung des Gerätes während der Triage unter den Bedingungen eines Massenanfalls von Verletzten fand während einer Großübung in Berlin am 20. September 2003 mit einem simulierten Bahnunfall statt. Dabei wurde folgendes Szenario angenommen : Am S-Bahnhof Kaulsdorf, Berlin-, waren zwei Fässer von einem Lkw heruntergefallen.

Aus den defekten Behältnissen strömte Chlorgas aus. Die Warnung vor der Schadstoffwolke ließ drei Züge – Nahverkehr, U- und S-Bahn – ihre Fahrt abrupt stoppen. Die Bremsvorgänge forderten zahlreiche Verletzte. Nachdem das Ausmaß des Unglücks bekannt war, wurde das Alarmierungsschloß von „Massenanfall von Verletzten (MANV) 3“, also weniger als 30 Betroffene, auf MANV 4 – mehr als 30 Verletzte – erhöht.

Abb. 29a

Versorgung der Verletzten bei der Verletzensammelstelle im und außerhalb des Versorgungszeltes.

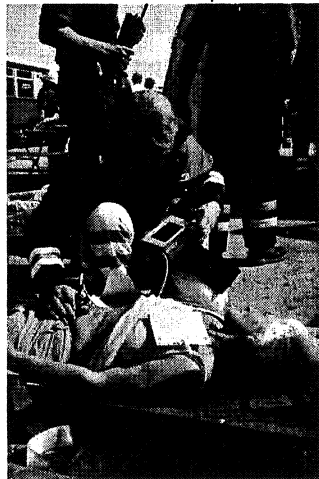


Hierbei waren vom Rettungsdienst vorwiegend Verletzungen der Extremitäten und des Rumpfes zu versorgen. Thorax- und Bauchtraumen mit potentieller Blutung stellten somit die Herausforderung für die Transportpriorität dar.

Abb. 29b

Sonographie während eines Massenanfall von Verletzten in Berlin 2003.

Alle Patienten, die der Verletztenablage zugeführt und registriert wurden, konnten vom Studien-assistenten während der notärztlichen Sichtung in der Verletzensammelstelle im Zelt und davor sonographiert und dokumentiert werden. Sowohl im Zelt als auch vor dem Zelt konnten alle 30 Verletzte innerhalb von etwa 25 Minuten sonographiert werden und zur Transportentscheidung nach Prioritäten beitragen.



### 5.5.3 Erprobung in der Wüste

Von dem Off-road-medical-Service (O.R.M.S) wurde das Gerät unter extremen Bedingungen in der Wüste getestet.

Fraglich war hier, ob unter extremen Bedingungen wie Hitze (Temperaturen bis 40 Grad) und extreme Sonneneinstrahlung, Sandstürme etc. das Gerät bzw. die Diagnostik beeinträchtigt werden kann.

Während einer Rallye im Jahr 2003 wurde das Gerät getestet. Zu keinem Zeitpunkt war die Diagnostik und Funktion des Gerätes beeinträchtigt. Gerade für den off-road-Bereich wurde das mobile Gerät als geeignetes Diagnostikum sehr gewünscht.

Abb. 30



Abb. 30 Simulation der Ultraschalluntersuchung eines fiktiv beim Motorrad-off-road-Rennens verunfallten Motorradfahrers. Die Diagnose ist auch bei extremer Sonneneinstrahlung möglich.

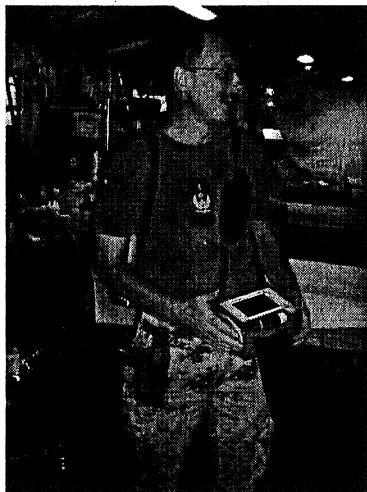
#### 5.4.4 Erprobung beim IFOR-Einsatz der Bundeswehr in Afghanistan

Die Einsätze der Bundeswehr im Ausland finden in aller Regel im Rahmen von multinationalen Missionen statt. Diese stellen den Zentralen Sanitätsdienst vor neue Herausforderungen. Ein hohes Maß an Mobilität und Flexibilität ist gefordert, um die Soldaten, wie derzeit am Hindukusch, auf dem Balkan oder in Dschibuti schnell und umfassend zu versorgen. Maxime des Sanitätsdienstes ist es, den Soldaten im Einsatz im Falle einer Erkrankung, eines Unfalls oder einer Verwundung eine medizinische Versorgung zuteil werden zu lassen, die im Ergebnis dem fachlichen Standard in Deutschland entspricht [122].

Die medizinische Versorgung wird durch die Ärzte und Sanitäter je nach Einsatz mobil in Form von „beweglichen Arzttrupps“, oder stationär in Form von Rettungsstationen ( z.B. luftkammer-gestützte Zelte ) oder Feldlazaretten sichergestellt. Obwohl die medizinische Ausstattung der einer Notaufnahmeeinheit eines Krankenhauses entspricht, ist das Feldlazarett in erhöhtem Maß auf medizinisch-technisches Gerät angewiesen, das ein niedriges Maß an Größe und Gewicht sowie Robustheit aufweist [122].

*Abb. 31 : Erprobung des Gerätes im Feldlazarett während des Afghanistan-einsatzes deutscher Soldaten.*

Während des friedenssichernden Einsatzes der Bundeswehr in Afghanistan im Jahr 2003 wurde das Gerät im Einsatz unter den Bedingungen eines mobilen Feldlazarettes von Ärzten des Sanitätsdienstes während der initialen Aufnahme traumatisierter Soldaten Zivilisten erprobt. Die Machbarkeit der Ultraschalldiagnostik unter den besonderen Einsatzbedingungen der Bundeswehr wurden bestätigt.



## **6. Diskussion**

Die abdominelle Sonographie hat die diagnostische Peritoneallavage zur Diagnostik freier abdomineller Flüssigkeit zumindest in europäischen Ländern seit mehreren Jahrzehnten abgelöst [42]. Seit Ende der 90er Jahre nimmt die Sonographie auch zunehmend einen zentralen Stellenwert in der Schockraumversorgung anglo-amerikanischer Länder ein [06,33,69,121]. Die Sonographie wird im Schockraum, unabhängig ob sie von Unfallchirurgen, Visceralchirurgen oder Radiologen angewendet wird, innerhalb von wenigen Minuten nach Eintreffen des Patienten eingesetzt. Der sonographische Nachweis freier abdomineller Flüssigkeit reicht aus, um bei kreislaufinstabilen Patienten auf weitere Diagnostik zu verzichten und unmittelbar eine Notfallaparotomie durchzuführen [121]. Die Verifizierung des sonographischen Untersuchungsbefundes mittels abdomineller Computertomographie instabiler Patienten erscheint durch die hohe Sensitivität und Spezifität der Untersuchungsmethode unnötig [42].

Zielsetzung der Untersuchung war zu klären, ob die präklinische Sonographie eine Innovation durch Optimierung der Diagnostik in der Notfallmedizin darstellt, die dazu beitragen kann, das Management sowie die Therapie schwerverletzter Patienten zu optimieren.

### **6.1 Praktikabilität der präklinischen Sonographie**

#### **6.1.1 Praktikabilität der präklinischen Sonographie mit einem handelsüblichen Ultraschallgerät**

Sowohl die Größe des piomedical 500 S tringa als auch der Akkubetrieb mit mehreren Stunden Betriebsmöglichkeit machten die Untersuchungen mit einem handelsüblichen Ultraschallgerät prinzipiell möglich. Im Verlauf der praktischen Erprobung stellte sich heraus, daß das verwendete Ultraschallgerät in seiner bisherigen Form dem rettungsdienstlichen Alltag nicht in ausreichender Form Rechnung trägt.

Insbesondere die fehlende Dokumentation und die vielen Einzelkomponenten (Akku, Kamera) machten einen unkomplizierten Gebrauch unmöglich und somit Veränderungen notwendig.

Diese Veränderungen konnten entsprechend des Anforderungsprofils des Autors zusammen mit der Firma Metrax umgesetzt werden. Das modifizierte Gerät wurde von der Firma in die primedic-Produktpalette aufgenommen und trägt den Namen Primedic Handyscan TM. Insbesondere die nun vorgefundene Kompaktheit und die leichte sowie einfache Bedienung stellt eine Voraussetzung für den Einsatz in der präklinischen Rettungsmedizin dar, die von 117 befragten Notärzten und Rettungsassistenten im Rahmen des Ultraschallkurses zur präklinischen Sonographie bestätigt wurden. Dies betrifft vor allen Dingen die Gebrauchstauglichkeit (Handling, Schallkopf, Gewicht und Arbeitssicherheit). Mit einem hohen Anteil von 87% bewerteten die Anwender die Gebrauchstauglichkeit des PRIMEDIC™ HandyScan mit sehr gut bis gut (sehr gut: 33%, gut 54%).

#### **6.1.2 Praktikabilität der Ultraschalluntersuchung hinsichtlich der Untersuchungsbedingungen**

Die Sonographie kann durch den Einsatz eines mobilen und eindeutig zu bedienenden Gerätes mit entsprechender sonographischen Vorkenntnis problemlos durchgeführt werden.

Die Untersuchungsbedingungen am Unfallort oder im RTW sind zwar weniger optimal als die Voraussetzungen, wie sie im klinischen Alltag, u.a. mit Abdunkelung des Untersuchungsraumes gefordert werden, doch kann die Fragestellung nach freier abdomineller Flüssigkeit in kurzer Zeit auch unter zunächst scheinbar kritischen Untersuchungsbedingungen beantwortet werden. Durch den Einsatz des eigens für den Rettungsdienst entwickelten Gerätes ist der Untersucher weitgehend unabhängig vom Umgebungslicht, Stromversorgung, ausreichend Platz oder entsprechender Lagerung des Patienten. So konnten auch im PKW eingeklemmte oder auf dem Bauch liegende Patienten ohne weitere Schwierigkeiten sonographiert werden.

Die Durchführung der Sonographie in dieser Studie erfolgte durch einen einzigen Untersucher, um eine gleichbleibende Qualität der Untersuchung zu gewährleisten und den untersucherabhängigen Fehler zu minimieren.

### **6.1.3 Praktikabilität der Ultraschalluntersuchung hinsichtlich des Zeitbedarfs**

Wiederholt wurde in diesem Zusammenhang diskutiert, ob durch die präklinische Sonographie eine Zeitverzögerung in der Versorgung schwerverletzter Patienten zugunsten einer gegebenenfalls nicht therapierelevanten Untersuchung in Kauf genommen würde. In der Studie zeigte sich jedoch, dass in etwa 90% der Fälle die zur Diagnosestellung notwendige Zeit von den Notärzten als akzeptabel eingestuft wurde. Während dieser Untersuchungszeit wurde keine weitere Therapie oder andere Untersuchungen durchgeführt, die die Sonographie gestört hätten. Bereits in weniger als durchschnittlich 3 Minuten stand das Ergebnis der Ultraschalluntersuchung fest, in der Hälfte der Fälle bereits nach weniger als 2 Minuten. Wherrett gibt in seiner Untersuchung an, dass bei positiven Befunden die Untersuchungsdauer lediglich 19 Sekunden betragen hätte, wohingegen die Untersuchungsdauer bei einem Normalbefund 154 Sekunden dauern würde, diesen als negativ zu beurteilen [92]. Vergleichbare Zeitangaben zur Durchführung der umfassenden Ultraschalluntersuchungen wie in unserer Untersuchung festgestellt, wurden von verschiedenen Autoren angegeben [93,114,121]. In den übrigen 10% der Fälle war entweder keine ausreichende Zeit vorhanden oder die Untersuchung musste wegen einer raschen Zustandsverschlechterung des Patienten abgebrochen werden. Eine jüngst publizierte kritische Stellungnahme zur präklinischen Sonographie, bei der fast die Hälfte der Patienten aufgrund mangelnder Zeit oder technischer Schwierigkeiten nicht zu untersuchen waren [72], kann der Autor aufgrund der eigenen Ergebnisse nicht bestätigen. Es sei jedoch daraufhingewiesen, dass die präklinische Sonographie ein Instrument zusätzlicher Diagnostik darstellt und keineswegs zwingend, insbesondere nicht unter Zeitdruck, vom Notarzt eingesetzt werden muss. Es erleichtert vielmehr wichtige Fragen bezüglich der Therapie und des Managements zu beantworten.



## **6.2 Sensitivität und Spezifität der Erkennung abdomineller Blutungen**

### **6.2.1 hinsichtlich des klinischen Befundes / der Verdachtsdiagnose**

Voraussetzung jeder Therapie ist die Diagnostik sowie die Einschätzung und Interpretation des erhobenen Befundes. Beim Traumapatienten bestimmt die zielgerichtete Therapie der Verletzungen das „outcome“ des Patienten.

Zielgerichtete Therapien können nur Folge einer zuvor gestellten sicheren Diagnose sein. Dabei ist es vom Instrument und seinem Untersucher abhängig wie sicher die Diagnosefindung möglich sind. Diagnosen lassen sich im allgemeinen sicherer und schneller finden, je offensichtlicher sie sind. Für lebensrettende Maßnahmen ist das sofortige Erkennen und Erfassen des gesamten lebensbedrohlichen Potentials Voraussetzung für eine schnelle und zielgerichtete Therapie. Die Einschätzung des vorgefundenen Befundes kann eine Über- oder Unterschätzung der Verletzung zur Folge haben.

Übertriagierungen führen dabei meist zu einer Überversorgung und kann dazu führen, daß zu viel personelle Kapazitäten gebunden werden (Alarmierung des Schockraumteams) und somit zu einem unwirtschaftlichem Umgang mit vorhandenen Ressourcen führen können [103]. Untertriagierung hingegen führen zu einer Unterschätzung der Verletzung und damit zu einer Unterversorgung des Patienten, die für den Patienten durch fehlende Therapie lebensbedrohlich werden kann.

Die Diagnosefindung ist im weitesten davon abhängig, wie sehr der Untersucher sich über folgende Dinge bewusst ist :

Was soll untersucht werden und was hat die Untersuchung für therapeutische Konsequenzen. Mit welchen Untersuchungsmitteln ist welche Sensitivität und Spezifität zu erreichen, für welchen Zeitraum ist die Diagnose aussagekräftig ? Wie viel Zeit wird für die Diagnosefindung unter Berücksichtigung des eigenen Könnens benötigt ? Für das abdominelle Trauma konnte in dieser Studie bezüglich der klinischen Verdachtsdiagnose eine Sensitivität von 11% bzw. Spezifität von 75% nachgewiesen werden.

Dabei spielt die Subjektivität der Wahrnehmung eine entscheidende Rolle [113]. Die vermeintlich objektive Wirklichkeit ist immer eine subjektiv „konstruierte und interpretierte Wirklichkeit, die in einem gemeinsamen Prozess der Kommunikation Verbindlichkeit erlangt“ [113].

In der Präklinik herrscht ein Missverhältnis zwischen dringlichem Handlungsbedarf und unzureichender Informationsverfügbarkeit und Diagnostik.

Fehler sind somit bei der präklinischen Diagnostik und Behandlung (Triage, Indikationsstellung und Ausführung von präklinischen Maßnahmen) nicht immer vermeidbar. So konnte in einer Studie zur Qualitätsanalyse zeigen [88], daß 28% der Patienten, die aufgrund der Gesamtverletzungsschwere oder einer schwersten Einzelverletzung unmittelbar an ein Traumazentrum hätten transferriert werden müssen, primär aber in ein Krankenhaus der Regelversorgung eingeliefert wurden. Bei 7% der Patienten ließ sich zwei und bei 4% mehr als zwei Triagefehler nachweisen. Gleiches gilt für die Intubation und Beatmung, die in 16,5% der Fälle trotz klarer Indikation nicht durchgeführt wurde.

Eine Thoraxdrainage wurde laut einer Studie von Regel et al. trotz schwerem Thoraxtrauma und initialer Intubation und Beatmung bei 38% nicht durchgeführt. Eine suffiziente Infusionstherapie (> 2500 ml effektiver Volumenersatz) war in 17% der Fälle nicht erfolgt. Andererseits häufen sich Fälle in denen die Verletzungsschwere anscheinend überschätzt wurde und invasive Maßnahmen ergriffen wurden, die nach den vorhandenen Standards nicht indiziert gewesen wären [88].

Eine andere Studie von Aufmkolk kommt zu dem Ergebnis, daß eine richtige Einschätzung im Vergleich zwischen der objektiven Verletzungsschwere nur bei 49 % der Patienten gelang. Die Schwere der Verletzung wurde vom Notarzt bei 20 % der Patienten grob unter- und bei 17 % grob überschätzt [08]. Diesen Ergebnissen zu Folge ist vor allem die Beurteilung der Verletzungsschwere am Unfallort häufig ein großes Problem. Weiter kommt diese Studie zu der Auffassung, daß trotz der Qualifikation des Notarztes noch erhebliche Defizite in der Erkennung und Behandlung von Verletzungsfolgen bestehen [88].

Für das Abdominaltrauma mit einer abdominellen Blutung gilt insbesondere, daß die häufig präklinisch noch wirksame Kompensation des systemischen Kreislaufes von der Möglichkeit einer schweren abdominellen Blutung ablenkt. Die Erfassung klinischer Parameter ergibt nur bedingt die Möglichkeit, eine Massenblutung zu diagnostizieren [59,71].

Die Studie von Vock und Hochstein illustriert ebenfalls die Unzulässigkeit des Blutdrucks zur Abschätzungen von Blutverlusten. Es wurden die zeitlichen Abläufe für alle initialen diagnostischen und therapeutischen Maßnahmen in der Reanimationsphase bei 150 Mehrfachverletzten prospektiv erfasst [117]. Jeder dritte Patient mit einem Bedarf von mehr als 20 Erythrozytenkonzentraten beim Ersteingriff in der Klinik war jedoch am Notfallort scheinbar kreislaufstabil mit Blutdruckwerten über 100 mmHg [117].

Kreimeier bemerkt, daß gerade die sympatikoadrenerge Reaktion mit Vasokonstriktion in Haut, Muskulatur, Niere und Splanchnikusgebiet dazu führt, daß trotz Volumendefizit eine arterielle Normotonie oder bei schwerem Trauma mit überschießender Schmerzreaktion sogar eine Hypertonie vorliegen kann [52].

Zudem kommt, daß das Vorliegen einer Hypotension nicht zwangsläufig Folge einer globalen Hypovolämie sein muß. Pathophysiologisch bedeutsam sind vor allem hypotonie-auslösende kardiogene und pulmonale Ursachen, die in Zusammenhang mit dem Trauma stehen können (Spannungspneumothorax, Contusio cordis) aber nicht zwangsläufig stehen müssen (z.B. Myokardinfarkt und dadurch Auslösen eines Unfallereignisses). Somit kann weder bei Normotension eine Blutung ausgeschlossen werden, noch bei Hypotension eine Blutung bestätigt werden.

Der Einschätzung der vorgefundenen Situation kommt eine entscheidene Bedeutung zu, wie Untersuchungen zu den Versorgungsstrategien bei stumpfen Verletzungen im Gegensatz zu penetrierenden Verletzungen unterstreichen [126].

In dieser von Zintl durchgeführten Untersuchung mit 335 untersuchten Patienten zeigen 27 (8,1%) penetrierende Körperstammverletzungen (Kollektiv 1). 152 (45,3%) waren schwer polytraumatisiert nach stumpfen Trauma (Kollektiv 2).

Die Versorgungszeiten beim penetrierenden Trauma für die einzelnen Abschnitte sind bei Kollektiv 1 signifikant kürzer (Tabelle 18). Dies entspricht zum einem dem Bestreben nach einer möglichst schnellen operativen Versorgung, zum anderen kann es Ausdruck des geringen diagnostischen Aufwandes bei diesen Patienten sein [126]. In jedem Fall scheint es die Schwierigkeit der klinischen Diagnostik einer abdominellen Blutung zu unterstützen.

**Tabelle 18 : Versorgungszeiten bei penetrierenden Trauma des Körperstammes im Vergleich zur schweren stumpfen Mehrfachverletzung [126].**

	Penetrierende Rumpfverletzungen	Stumpfe Mehrfachverletzungen
Notärztliche Versorgungszeit (Eintreffen Notarzt bis Aufnahme Schockraum)	30 ± 18 min	59 ± 36min
Zeit bis zu einer Notoperation (Aufnahme Schockraum mit Abbruch der Diagnostik bis zum Beginn einer lebenserhaltenden Operation)	19 ± 14min	75 ± 37min
Zeit bis zu einer Frühoperation (Aufnahme Schockraum bis Abschluß der Diagnostik bis zum Beginn einer notwendigen Operation)	61 ± 33min	118 ± 43min

Bei präklinischen Rettungszeiten über 60 Minuten und der Stabilisierungs- und Diagnostikphase im Schockraum mit zusätzlich 35-90 Minuten sind diese präklinischen Rettungszeiten nicht zu vertreten [101]. Um aber präklinische Versorgungszeiten bei lebensbedrohlichen Situationen unter 10 Minuten, wie von amerikanischen Autoren beschrieben zu erreichen, muß das „treat and run-Prinzip“ konsequenter durchgeführt werden [126].

Eine Optimierung des präklinischen Managements im Falle einer abdominellen Verletzung ist daher nur durch zusätzliche diagnostische Möglichkeiten zu erreichen. Mit den Ergebnissen dieser Studie konnte der Autor zeigen, dass die klinische Ein-

schätzung des Abdominal- und Thoraxtrauma durch den Notarzt schwer und anspruchsvoll ist sowie erhebliche Fehler aufweisen kann.

Es bestand eine erhebliche Diskrepanz zwischen der Verdachtsdiagnose einer intraabdominellen Verletzung und dem sonographischen Untersuchungsergebnis.

### **6.2.2 hinsichtlich der präklinischen Sonographie**

Die Sensitivität und Spezifität der Untersuchungsmethode der vorliegenden Studie hat gezeigt, dass die Aussage der abdominalen Sonographie bereits in der Frühphase nach Trauma eine verlässliche Diagnose zulässt. In den meisten Studien wurde eine ähnliche Spezifität und Sensitivität zwischen 80% und 100% der im Schockraum durchgeführten Ultraschalluntersuchungen erreicht [42,61,69]. Damit kann nahezu eine definitive Aussage über eine abdominale Blutung getroffen werden und im Algorithmus der DGU diese Frage eindeutig beantwortet werden.

### **6.3 Änderungen in der Therapie bzw. des Managements vor Ort**

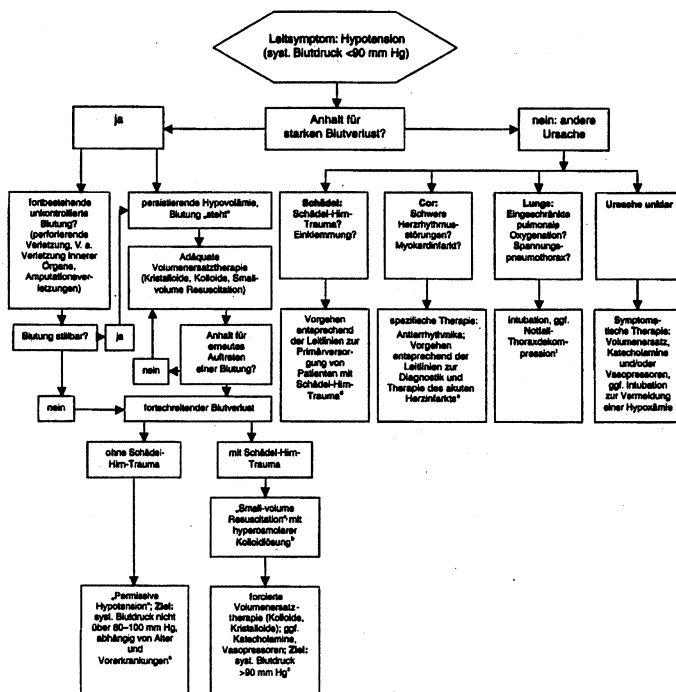
Mit der Diagnose einer ggf. lebensbedrohlichen intraabdominellen Verletzung, die durch die Sonographie gestellt wird, ergibt sich die Notwendigkeit, die präklinische Therapie zu modifizieren. In einigen klinischen und experimentellen Untersuchungen konnte gezeigt werden, dass eine Modifikation der präklinischen Volumentherapie im Sinne einer permissiven Hypotension bei Patienten mit Massenblutungen zu einer Reduktion der Mortalität führt [13,54,63]. Es wird diskutiert, dass in der Phase der initialen Hypotension vor Intervention durch den Notarzt die weitere Blutung durch Thrombosierung der Gefäße des traumatisierten Gewebes vermindert wird [13].

Mit der in der Notfallmedizin im allgemeinen akzeptierten Volumentherapie kann die damit verbundene systemische Drucksteigerung zu einer Ablösung der gebildeten Thromben führen und somit zu einer Verstärkung der Blutung beitragen [13].

Zudem wird diskutiert, dass durch die volumeninduzierte Hämodilution eine relative Koagulopathie in einer sehr vulnerablen Phase nach Trauma induziert wird. Eine andere experimentelle Untersuchung zeigt den positiven volumenrestriktiven Einfluß des Volumenersatzmittels auf den Blutverlust und die Überlebensrate nach Milztrauma und hämorrhagischem Schock [41].

Von dieser Therapie, die bei perforierenden Abdominal- und Thoraxtraumen ein volumenrestriktives Vorgehen propagiert, müssen Blutungen eines Mehrfachverletzten mit einem Schädel-Hirn-Trauma unterschieden werden, bei dem die Vermeidung einer systemischen Hypotension zur Erhaltung einer zerebralen Perfusion essentielle Bedeutung zukommt.

Abb. 32 : Differenzierte präklinische Volumenersatztherapie beim Polytrauma [52]



Die abdominelle Sonographie trägt daher nicht zu einer Vereinfachung der präklinischen Therapie bei, sondern kommt vielmehr der Forderung nach einem differenzierteren Umgang mit der Volumentherapie in Anhängigkeit der Vor-Ort gestellten Diagnosen nach [55]. Eine zu diskutierende Alternative bei Kombinationsverletzungen könnte die Verwendung hyperonkotisch-hyperosmolarer Lösungen sein [41].

Bezüglich des Managements vor Ort kommt der Triage bei einem Massenanfall Verletzter eine besondere Bedeutung zu. Mit dem Begriff Triage wird in der Notfallmedizin eine Einteilung von Verletzten nach zunehmender Verletzungsschwere bezeichnet [31].

Durch die Triage wird über die Art und Reihenfolge der medizinischen Versorgung entschieden. Dabei handelt es sich um einen kontinuierlichen Sichtungsprozeß, der in Abhängigkeit des sich möglicherweise ändernden Zustandes der Patienten und den aktuell zur Verfügung stehenden Ressourcen ständig wiederholt und aktualisiert werden muß [28,29,83]. Ziel der Triage ist es, so schnell wie möglich einen Überblick zu erhalten und besondere Verletzungen und Erkrankungen zu registrieren [109,110]. Gemeinsames Kennzeichen der Katastrophensituation und des Massenanfalls Verletzter und Erkrankter ist die Tatsache, daß in unterschiedlicher Ausprägung eine große Anzahl Verletzter oder Erkrankter durch eine ungenügende Anzahl qualifizierter Helfer mit unzureichender Ausrüstung versorgt werden muß.

Das Ziel der medizinischen Versorgung sowohl bei der Katastrophe als auch beim MANV ist einer möglichst großen Anzahl von von Personen das Überleben zu sichern und möglichst günstige Wiederherstellungschancen zu wahren [83,110].

Der Behandlungsablauf muß am Schadensort unter Berücksichtigung aller zur Verfügung stehenden Ressourcen im Sinne aller Verletzten optimiert werden. Demzufolge ist die Festlegung von medizinischen Behandlungs- und Transportprioritäten durch eine Triage bzw. Sichtung unabdingbar [28,29,83]. Somit gilt nicht, bis auf begründete Ausnahmefälle, ein Vorgehen nur nach dem Prinzip „scoop and run“ [111].

Im Hinblick auf die diagnostische Relevanz ergibt sich ein erweitertes Indikationsspektrum der präklinischen Sonographie [15]. Der Autor konnte zeigen, daß in kurzer Zeit mehrere Verletzte in der Verletzensammelstelle sonographiert werden können. Durch die Einfachheit der Untersuchungsmethode kann die Sonographie als schnell und einfach anzuwendende Screeningmethode zur Unterstützung der Triage, bei einem Anfall von zahlreichen Unfallopfern mit konkurrierenden Verletzungen angewendet werden. Zu diesem Schluss kommt auch Sarkisian in seiner Studie [99].

#### **6.4 Änderung des Zielkrankenhauses**

Das logistische Management eines Schwerverletzten ist davon abhängig zu machen, ob eine abdominelle Massenblutung vorliegt. Bereits während der Primärversorgung muss geklärt werden, welches geeignete Krankenhaus angefahren bzw. angefliegen werden kann, um die vorliegenden Verletzungen unmittelbar versorgen, d.h. eine Notfallaparotomie durchführen zu können. Insbesondere Patienten mit Abdominaltrauma bedürfen der Präsenz eines erfahrenen unfallchirurgischen Teams bzw. die Mitbeurteilung und Behandlung durch einen Visceralchirurgen [32]. Die präklinische Diagnose einer Abdominalverletzung kann daher logistische Fehlentscheidungen in der präklinischen Phase deutlich minimieren.

Auch wenn jede chirurgische Klinik, die an der Behandlung schwerverletzter Patienten beteiligt ist, eine Notfallaparotomie in der Regel nach einer gewissen Vorbereitungszeit durchführen kann, sollte vor Transport des Patienten die Kapazität des aufnehmenden Krankenhauses auch definitiv durch die Rettungsleitstelle, oder direkt mit dem aufnehmenden Krankenhaus abgeklärt werden.

In Deutschland werden etwa ein Drittel der Polytraumen in Traumazentren behandelt, zwei Drittel in Krankenhäusern der Grund- und Schwerpunktversorgung. Es ist nicht möglich, alle polytraumatisierten Patienten primär einem Traumazentrum zuzuführen [07].



Dabei muß der Notarzt auch über eine Primärversorgung mit Laparotomie im nächstmöglichen Krankenhaus mit Sekundärverlegung in ein Traumazentrum nach operativer Blutstillung in Betracht ziehen, wenn zu befürchten ist, daß der Patient durch den ggf. längeren Transportweg das Traumazentrum nicht lebend erreicht. Wenn eine zügige Sekundärverlegung möglich ist, bietet dieses Verfahren keinen Nachteil für die Traumaversorgung des Patienten [89].

Die Studienergebnisse von Roetmann zeigen nur marginale Unterschiede zwischen Erstversorgung an einem Traumazentrum und einer Verlegung innerhalb von 24h nach Primärversorgung in einem Haus der Grund- und Regelversorgung und sekundärer Verlegung in ein Traumazentrum. Der klinische Verlauf der Patienten, die später als nach 24h Primärversorgung verlegt wurden, zeigten einen signifikant erhöhte Komplikationsrate [89].

Die Bereitstellung einer Schockraummannschaft durch den Regelbetrieb der Klinik ist logistisch anspruchsvoll und finanziell aufwendig. In einer Studie von Eich wurde als Übertriage gewertet, wenn Leichtverletzte mit einem ISS von  $< 16$  im Schockraum versorgt wurden oder nach Versorgung auf Normalstation aufgenommen wurden. Bei 181 von 273 Patienten betrug der ISS  $< 16$ , die Rate der Overtriage betrug 66 %. Durch die Übertriagierung mit einem hohen Anteil an leichtverletzten Patienten werden jedoch wesentliche Ressourcen in Anspruch genommen [27].

In der Studie des Autors führte der schon präklinisch gestellte Ultraschallbefund in 21,3 % der Fälle zu einer Änderung des Zielkrankenhauses. In einem Fall wurde der Patient statt über die Poliklinik über den Schockraum aufgenommen, in 3 Fällen konnte auf den Schockraum verzichtet werden. In einem anderen Fall wurde auf ein kleines Schockraumteam (Chirurgie und Radiologie) zurückgegriffen.

Die sichere Diagnose vor Ort lässt heute mit klinischen Ressourcen wirtschaftlicher umgehen. Präklinische Diagnosen wie der Nachweis freier Flüssigkeit können die Patientenzuweisung besser lenken, so daß für diese spezielle Diagnose freie Ressourcen wie Betten- und Behandlungskapazitäten optimal genutzt werden können. Aufwendige Sekundärtransporte, Über- und Unterlastungen der jeweiligen Abteilung könnten vermieden werden.

Die umfassende Umstrukturierung der Krankenhauslandschaft durch die gesetzlich vorgegebene Einführung der „diagnosis related groups“ (DRG) wird auf die Verletztenversorgung in Deutschland erhebliche Auswirkungen haben [112]. Nach Erfahrungen anderer Länder mit diesen pauschalierten Leistungsvergütungssystem ist zu erwarten, dass es zu einem Rückgang des flächendeckenden akutmedizinischen Versorgungsangebots im klinischen Bereich kommen wird. Dies wird beispielsweise zu einer Regionalisierung der Schwerverletztenversorgung in Zentren mit einem erheblich größeren Patienteneinzugsraum als bisher führen.

Für die Akutversorgungskette ergibt sich daraus, dass das System wegen potenziell längerer Transportwege zu den verbleibenden Zielkliniken den Anforderungen des „Golden-hour-disease-Trauma“ gerecht werden muss [112]. Stand früher die Traumaversorgung durch Chirurgen im Vordergrund der notärztlichen Versorgung, werden heute überwiegend internistische Notfälle von Notärzten aus allen Bereichen der Medizin versorgt. Dabei kommt der Umsetzung notfallmedizinischer Standards eine größere Bedeutung zu, als zu Beginn der rettungsdienstlichen Ära.

Qualitätsmanagement ist dabei nun ein zentraler Begriff der Notfallmedizin von heute. Mediziner müssen sich heute imstande sehen Standards aus allen Bereichen der Medizin umzusetzen, die nicht aus ihrem Wissens-, aber vor allem nicht aus ihrem Handlungsgebiet stammen. Nicht selten gehören dazu diagnostische und therapeutische Möglichkeiten, die sie nicht sicher von vornherein beherrschen. Die Aneignung von neuem Handlungswissen gehört damit zur Selbstverständlichkeit, will sich das notärztlich besetzte System Rettungsdienst weiterhin gegenüber den Paramedic-Systemen anderer Länder behaupten.

Im Gegensatz zu anderen Ländern war in Deutschland der Arzt als Notarzt frühzeitig Bestandteil des präklinischen Systems. Andere Länder verzichteten auf den Arzt in der präklinischen Phase der Versorgung.

Bisher galt es die Notaufnahme eines Krankenhauses rechtzeitig zu erreichen. Nach Diagnose und Therapie wurde der Patient auf die Station der das Krankheitsbild jeweils behandelnden Fachabteilung innerhalb des Hauses verlegt.

Der immer bedeutsam werdende wirtschaftliche Aspekt verlangt die Einrichtung immer hochspezialisierte Kliniken [112]. Die Notaufnahme als Zuweisungsort verlagert sich in die Präklinik. Eindeutig präklinisch gestellte Diagnosen und die richtige Zuweisung des Patienten in die geeignete Klinik stellt daher die Herausforderung der heutigen Tage dar.

Nur wenn hier Vorteile gegenüber der nichtärztlichen Versorgung in anderen Systemen klar zum Ausdruck kommen, wie verbessertes „outcome“ der Patienten durch frühzeitige Diagnostik mit konsekutiv differenzierterer Therapie, optimierte und wirtschaftlichere Lenkung der Patientenströme in die jeweiligen Krankenhäuser, kann dieses aufwendige System bestehen und seine Daseinsberechtigung behaupten.

### **6.5 Optimierung der Kommunikationswege**

Die Optimierung des frühen klinischen Managements ist u.a. abhängig von der Informationsweitergabe des Vor-Ort diagnostizierten Verletzungsmusters. Zur definitiven chirurgischen Blutungskontrolle bei abdominellem Trauma muss möglichst frühzeitig eine Entscheidung über eine Notfalllaparotomie gestellt werden, die derzeit nach Durchführung der abdominalen Sonographie im Schockraum bzw. nach Computertomographie des Abdomens erfolgt [64]. Aus verschiedenen Gründen können bis zur definitiven Laparotomie zeitliche Verzögerungen innerhalb des frühen klinischen Managements entstehen, die unter Umständen als prognoseentscheidend eingestuft werden müssen [23]. Die frühzeitige Information des Zielkrankenhauses bzgl. einer ggf. notwendigen Laparotomie bei abdominaler Verletzung würde einen deutlichen Zeitvorsprung bedeuten, um die Operationskapazitt klären und die Operation vorbereiten zu können [100].

Um eine Optimierung des Traumamanagements durch die schon präklinisch erhobenen Befunde zu erreichen, muß das Ergebnis zwingend an das aufnehmende Krankenhaus übermittelt werden. Hierbei spielt vor allem die Schnittstelle Präklinik – Klinik die entscheidene Rolle.

Zentrale Funktion im Rahmen des präklinischen und frühen klinischen Managements eines schwerverletzten Patienten kommt der Rettungsleitstelle zu. Eine optimale chirurgische und intensivmedizinische Versorgung, d.h. die Auswahl des richtigen Zielkrankenhauses ist nur dann effizient zu bewerkstelligen, wenn die Informationen von der Einsatzstelle, insbesondere die Verletzungsart möglichst frühzeitig und präzise übermittelt werden.

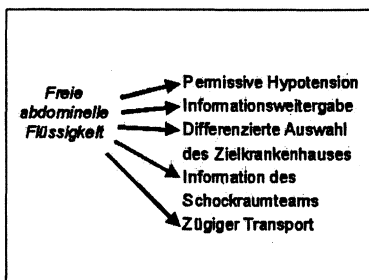
Die Art der Informationsweitergabe vom Unfallort an den im Schockraum verantwortlichen Chirurgen oder Anästhesisten bleibt dem Team überlassen und ist abhängig von den ortsüblichen Kommunikationswegen.

Dies kann über die Leitstelle oder in einem direkten Arzt-Arzt-Gespräch erfolgen. Die Form der Meldung oder Mitteilung, wie z.B. „V.a. abdominelle Blutung“ „freie Flüssigkeit“ oder „Indikation zur Laparotomie“ ist abhängig von der Diagnosesicherheit des Untersuchers. Zunächst bestand eine verständliche Skepsis der klinisch tätigen Kollegen gegenüber der präklinischen Sonographie, so dass die klinisch-logistische Konsequenz ggf. geringer ausfällt, als zunächst vom primär versorgenden Notarzt aufgrund der abgesetzten Meldung erwartet werden würde.

Die Einführung und die noch vorhandene kritische Haltung gegenüber der präklinischen Sonographie sind mit der damaligen Etablierung des präklinisch durchgeführten 12-Kanal-EKG zur Diagnostik des Myokardinfarktes vergleichbar. Mit der Diagnose des Myokardinfarktes spielt das Intervall vom Infarktereignis bis zur Coronarangiographie und ggf. notwendige PTCA die zentrale Rolle. Nachdem vor mehr als einem Jahrzehnt zunächst eine erhebliche Zurückhaltung gegenüber dem präklinisch durchgeführten 12-Kanal geübt wurde, führt die präklinische Diagnose eines Infarktes mittels ST-Hebungen bei Weitergabe dieser Information an die Zielklinik in der Regel zu einer Aktivierung des Katheterlabores und zur Durchführung einer Coronarangiographie.

Hier könnte die präklinische Sonographie eine vergleichbare Stellung in der präklinischen Phase spielen und damit ggf. eine zentrale Rolle in der notfallmäßigen Behandlung verletzter Personen einnehmen.

Abb. 33 : Auswirkungen der Diagnose auf die präklinische Therapie, präklinisches und klinisches Management [118].



Eine optimale Versorgung in der aufnehmenden Klinik ist nur dann effizient zu bewerkstelligen, wenn die Informationen von der Einsatzstelle, insbesondere die Verletzungsart möglichst präzise übermittelt wird.

Auch wenn Zentren der Maximalversorgung und Schwerpunktkrankenhäuser, die potentiell Schwerverletzte aufnehmen und eine Notfallaparotomie jederzeit durchführen können, ist eine Information über das Vorliegen bzw. der Ausschluss einer akuten abdominalen Blutung wichtig, da zum Management dieser Verletzungen in der Zielklinik in der Regel neben einem traumatologischen Team die Präsenz der Visceralchirurgie im Schockraum sinnvoll ist.

Das Schockraumteam kann erst nach Ankunft des Patienten und erfolgter Sonographie die Indikation zur Laparotomie stellen, woraufhin die notwendigen Vorbereitungen getroffen werden müssen. In der Folge können organisatorisch bedingte zeitliche Verzögerungen auftreten, die zu einer kritischen Verschlechterung der Prognose führen können [23]. Mit der präklinischen Diagnosestellung einer abdominalen Blutung durch den Notarzt könnte über die Rettungsleitstelle das aufnehmende Krankenhaus bereits über die Notwendigkeit der Laparotomie informiert werden.

Das Zielkrankenhaus hätte somit ausreichend Zeit, um die OP-Kapazität zu organisieren, das OP-Team zusammenzustellen und andere organisatorische Vorbereitungen, wie beispielsweise die Bereitstellung von Blutprodukten, treffen zu können.

In diesem Zusammenhang muss auch die Möglichkeit der Telemedizin im Rettungsdienst diskutiert werden [100], die die Information einer akuten abdominellen Blutung in den sich etablierenden Projekten mit einbeziehen und übertragen könnte.

Die frühe klinische Versorgung konnte in der vorliegenden Untersuchung wie in dem beschriebenen Fall, bei dem ein Passant von einem Bus angefahren bzw. überrollt wurde, wesentlich modifiziert werden, indem der sonographische Befund vom Unfallort bzw. die präklinisch mittels der Sonographie gestellte Diagnose an das aufnehmende Krankenhaus übermittelt wurde. Ohne die präklinische Sonographie wäre in diesem Fall aufgrund des unauffälligen klinischen Untersuchungsbefundes kein abdominelles Trauma diagnostiziert worden.

Der Patient wäre nach retrospektiver Analyse des Falles aufgrund des Vor-Ort diagnostizierten Verletzungsmusters in ein Krankenhaus der Grund – und Regelversorgung gebracht worden, in welchem die Kapazitäten zur sofortigen Laparotomie zu diesem Zeitpunkt unvorhergesehen kurzfristig eingeschränkt waren.

Durch die Übermittlung der präklinisch gestellten Diagnose einer abdominellen Blutung konnte jedoch das frühe klinische Management in der geänderten Zielklinik mit unmittelbarer Laparotomiebereitschaft optimal gestaltet werden.

## **6.6 operative Versorgungsstrategie in der Klinik**

Die Dynamik der sonographisch positiven Befunde bestätigte die zusätzliche Relevanz der Untersuchung. Sofern ein initial geringgradig pathologischer Befund eine Zunahme in der zweiten präklinischen Untersuchung gezeigt hat, stellte sich eine schwere abdominelle Verletzung heraus. Anders verhielt sich die Tatsache, wenn sich ein initial geringgradiger Befund in der zweiten Untersuchung unverändert darstellt.

In dieser Konstellation lag nach den in dieser Arbeit vorgestellten Ergebnissen eine chirurgisch nicht zwingend zu therapierende Verletzung vor.

Der Autor nimmt an, dass die Dynamik des sonographischen Befundes eine entscheidende Information über die Relevanz der Verletzung darstellt. Aus dem zeitlichen Verlauf der pathologischen Befunde lässt sich eine mögliche Interpretation

mit praktischer Konsequenz ableiten. Bei initial geringem Befund muss auf jeden Fall von einer abdominellen Verletzung ausgegangen werden, so dass auch eine sonographische Kontrolle, sofern zeitlich möglich, indiziert ist [33]. Auch bei zunächst unauffälligem sonographischen Befund wurde in der Studie eine Kontrollsonographie durchgeführt, insbesondere wenn klinisch oder anamnestisch ein Abdominaltrauma nicht sicher ausgeschlossen werden konnte. Aus Erfahrung muß angenommen werden, dass bei einer Parenchymverletzung der Leber oder Milz aufgrund der initial am Unfallort häufig anzutreffenden hypotonen Kreislagsituation zunächst keine intraabdominelle Blutung nachzuweisen sein kann. Der durch Volumensubstitution gehobene Blutdruck führt zum verzögerten Auftreten von Blutungen, die dann bei der Kontrollsonographie im Verlauf der präklinischen Therapie erkannt werden konnten.

Die Kontrollsonographie sollte innerhalb von 15 Minuten erfolgen. Eine weitere Einengung des Zeitintervalles ist durch die unterschiedliche Situation während der Rettung ggf. sinnvoll, aber kaum realisierbar. Sollte bei der präklinischen Kontrolluntersuchung eine Zunahme des Befundes zu erkennen sein, muß entsprechend der Datenlage der hier vorgestellten Arbeit von einer schweren lebensbedrohlichen abdominellen Verletzung ausgegangen werden. Hier müssen jedoch weitere Untersuchungen gefordert werden, um diese Einschätzung durch eine höhere Datenmenge zu verifizieren.

## **7. Schlussfolgerung**

Aus den in dieser Studie gemachten Erfahrungen folgert der Autor, dass die präklinische Sonographie mit hoher Sensitivität und Spezifität zügig und ohne Störung der Routineversorgung des Patienten am Unfallort eingesetzt werden kann. Die frühe Erkennung einer abdominellen Blutung kann zu einer Optimierung der Versorgung durch die Modifizierung der präklinischen Therapie, einer differenzierteren Auswahl des Zielkrankenhauses sowie Optimierung des frühen klinischen Managements führen.

## 8. Literatur

- 01 Ahnefeld F.W. Notfallmedizin gestern... (2003)  
AINS 38:277-281
- 02 Altemeyer K.H, Schlechtriemen T, Reeb R (2003) Rettungsdienst in Deutschland: Bestandsaufnahme und Perspektiven. Notfall & Rettungsmedizin 6:89-101
- 03 American college of emergency physicians (2001) Use of ultrasound imaging by emergency physicians. Ann Emerg Med 38:469-470
- 04 Anderson I, Woodford M, Conbal F, Irving M (1989) Retrospective study of 1000 death from injury in England and Wales. BMJ 296:1305-1308
- 05 Arbeitsgemeinschaft Polytrauma der deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie (2001) Jahresbericht des Deutschen Traumaregisters
- 06 Arrillaga A, Graham R, York J, Miller RS (1999) Increased efficiency and costeffectiveness in the evaluation of the blunt abdominal trauma patient with the use of ultrasound. Am Surg 65: 31-35
- 07 Aschenbrenner U, Biewener A, Reuter M, Holch M (2002) Letalität nach Polytrauma – Vergleich der Ergebnisse der regionalen Versorgung vs. primäre Traumacenterzuführung durch die primäre Luftrettung, Hefte zu der Unfallchirurg, 66.Jahrestagung der DGU, Berlin
- 08 Aufmkolk M, Ruchholtz S, Waydhas C, Nast-Kolb D (2002) Korreliert die objektive Thoraxverletzungsschwere mit der subjektiven Ein-schätzung des Notarztes ? Hefte zu der Unfallchirurg 66.Jahrestagung der DGU
- 09 Aufmkolk M., Nast-Kolb D. (2001) Abdominaltrauma, Unfallchirurg 104, 861-872
- 10 Beck A, Bayeff-Filloff M, Bischoff M, Schneider BM (2002) Analyse der Inzidenz und Ursachen von Großschadensereignissen in einem süddeutschen Rettungsdienstbereich. Unfallchirurg 105:968-973
- 11 Benning E, Brucker P, Woltmann A, Bühren V (2002) Präklinisches Management Polytraumatisierter Patienten, Hefte zu der Unfallchirurg, 66. Jahrestagung der DGU
- 12 Bereichsplan für den Rettungsdienstbereich Stadt Frankfurt am Main (Stand: 16.10.2000) Herausgeber: Stadt Frankfurt am Main, Der Magistrat, Branddirektion



- 13 Bickell WH, Wall MJ, Pepe PE, Martin RR, Ginger VF, Allen MK, Mattox KL (1994) Immediate versus delayed fluid resuscitation for hypotensive patients with penetrating injuries. *N Engl J Med* 331:1105-1109
- 14 Bickell WH, Pepe PE, Bailey ML, Wyatt CH, Mattox KL. (1987) Randomized trial of pneumatic antishock garments in the prehospital management of penetrating abdominal injuries. *Ann Emerg Med*.16:653-658
- 15 Blaivas M (2001) Triage in the trauma bay with the focused abdominal sonographie for trauma (FAST) examination. *J Emerg Med* 21:41-44
- 16 Blaivas M, Sierzenski P, Theodoro D (2002) Significant hemoperitoneum in blunt trauma victims with normal signs and clinical examination. *Am J Emerg Med* 20:218-221
- 17 Boulanger BR, Brennemann FD, McLellan BA, Wherrett L, Rizoli S, Culhane J, Hamilton P (1995) A prospective study of emergent abdominal sonography after blunt trauma. *J Trauma* 39:325-330
- 18 Boulanger BR, McLellan BA, Brennemann FD, Wherrett L, Rizoli S, Culhane J, Hamilton P (1996) Emergent abdominal sonography as a screening test in a new diagnostic algorithm for blunt trauma. *J Trauma* 40:867-874
- 19 Broos P, Gutermann H (2002) Actual diagnostic strategies in blunt trauma. *Eur J Trauma* 28:64-74
- 20 Brown M, Casola G, Sirlin C, Hoyt D (2001) Importance of evaluating organ parenchyma during screening ultrasonography after blunt trauma. *J Ultrasound Med* 20:577-583
- 21 Busse C, Moecke H (1994) Der leitende Notarzt. *Anästhesist* 43:759-771
- 22 Carillo R, Klostermann P, McAninch J (1998) Nonoperative management of blunt hepatic trauma. *Br J Surg* 85: 461-468
- 23 Clarke J, Trooskin S, Doshi P, Greenwald L, Mode C (2002) Time to laparotomy for intra-abdominal bleeding from trauma does affect survival for delays up to 90 minutes. *J Trauma* 52: 420-425
- 24 Croce M, Fabian T, Menke P, Waddle-Smith L, Minard G, Kudsk K, Patton J, Schurr M, Pritchard F (1995) Nonoperative management of blunt hepatic trauma is the treatment of choice for hemodynamically stable patients: Results of a prospective trail. *Ann Surg* 221: 744-753

- 25 Dock W, Grabenwöger F, Pinterits F, Ittner G (1988) Sonographie des Abdomens beim Polytraumatisierten. *Unfallchirurg* 91: 185-188
- 26 Dolich M, McKenney M, Varela J, Compton R, McKenney K, Cohn S (2001) ultrasounds for blunt abdominal trauma. *J Trauma* 50:108-112
- 27 Eich S.,Kanz K.-G. Kanz, Lackner C.K., Mutschler W. (2002) Stellenwert von Overtriage und Undertriage im Schockraum; Hefte zu der Unfallchirurg 66. Jahrestagung der DGU
- 28 Ekkernkamp A, Matthes G (2001) Chirurgische Maßnahme im Katastrophenfall bei Patienten mit Kombinationstraumen / Versorgungsstrategien bei polytraumatisierten Patienten. *Katastrophenmedizin, Bundesministerium des Innern* S.79-89
- 29 Ellinger K, Denz Ch, Luiz Th Großschadensfälle in : Madler C, Jauch K-W, Werdan K (Hrsg.) *Das NAW-Buch – Präklinische Notfallmedizin* 928 - 933
- 30 Enderson B, Maul K (1991) Missed injuries: the trauma surgeon's nemesis *Surg Clin North Am* 71:399-417
- 31 Engelhard GH (1992) Die Sichtung von Verletzten durch den leitenden Notarzt beim Massenanfall. *Rettungsdienst* 15: 151-152
- 32 Frank J, Marzi I, Mutschler W (1996) Schockraummanagement des Polytraumas *Zentralbl Chir* 121:943-949
- 33 Frezza E, Ferone T, Martin M (1999) Surgical residence an ultrasound technician accuracy and cost-effectiveness of ultrasound in trauma. *Am Surg* 65:289-291
- 34 Frezza E, Solis R, Silich R, Spence R, Martin M (1999) Competency-based instruction to improbe the surgical technique and accuracy of the trauma ultrasound. *Am Sug* 65:884-888
- 35 Goan Y, Huang M, Kin J (1998) Noperative management for extensive hepatic and splenic injuries with significant hemoperitoneum in adults. *J Trauma* 45:360-364
- 36 Goodwin H, Holmes JF, Wisner DH. (2001) Abdominal ultrasound examination in pregnant blunt trauma patients. *J Trauma* 50:689-93; discussion 694.
- 37 Gracias V, Frankel H, Gupta R et al. (2002) The role of positive examinations in training for the focused assessment sonogram in trauma (FAST) examination; *Am Surg* 68:1008-1011

- 38 Grotz M.,Schwermann T.,Ruchholtz S., Lefering R.,Pape H.C., Krettek C. (2002) Was kostet die Behandlung eines Schwerstverletzten vom Unfallort bis zur Aufnahme auf die Intensivstation in Deutschland ? Hefte zu der Unfallchirurg 66. Jahrestagung der DGU
- 39 Hahn DD, Offerman SR, Holmes JF,Clinical importance of intraperitoneal fluid in patients with blunt intra-abdominal injury (2002) Am J Emerg Med. 20:595-600.
- 40 Hauck S.,Hower R.,Brucker P.,Bühren V. (2002) Versorgungsstrategien und Outcome Schwerverletzter mit „Notfalleingriffen“ Hefte zu der Unfallchirurg 66.Jahrestagung der DGU
- 41 Hatoum O, Bashenko Y, Kirsh M, Krausz M (2002) Continuous fluid resuscitation and splenectomy for treatment of uncontrolled hemorrhagic shock after massive splenic injury. J Trauma 52:253-258
- 42 Hoffmann R, Nerlich M, Muggia-Sullam m, Pohlemann T, Wippermann B, Regel G, Tscherne H (1992) Blunt abdominal trauma in cases of multiple trauma evaluated by ultrasonography: a prospective analysis of 291 patients. J Trauma 32:452-458
- 43 Holmes J, Brant W, Bond W, Sokolove P, Kuppermann N (2001) Emergency department ultrasonography in the evaluation of hypotensive and normotensive children with blunt abdominal trauma. J Pediatr Surg 36:968-973
- 44 Ingemann JE, Plewa MC, Okasinski RE, King RW, Knotts FB (1996) Emergency physician use of ultrasonography in blunt abdominal trauma. Acad.Emerg.Med. 3:931-937
- 45 Kanz K-G, Sturm J.A., Mutschler W. und AG Notfall der DGU (2002) Algorithmus für die präklinische Versorgung bei Polytrauma. Unfallchirurg, 105:1007-1014
- 46 Kanz K-G, Schmöller G, Enhuber K, Hölz G, Sturm J.A, Mutschler W und AG Notfall der DGU (2002) Algorithmus für die Rettung von eingeklemmten Personen bei Verkehrsunfällen. Unfallchirurg; 105:1015-1021
- 47 Karithe, Sick Atlas of sectional human anatomy, 2nd edition in 1 volume, Urban & Schwarzenberg 1988
- 48 Kendall JL, Shimp RJ (2001) Performance and interpretation of focused right upper quadrant ultrasound by emergency physicians. J Emerg.Med 21:7-13
- 49 Kern SJ, Smith RS, Fry WR, Helmer SD, Reed JA, Chang FC (1997) Sonographic examination of abdominal trauma by senior surgical residents. Am Surg 63:669-674

- 50 Kimura A, Otsuka T, (1991) Emergency center ultrasonography in the evaluation of hemoperitoneum: a prospective study. J Trauma 31:20-23
- 51 Kirkpatrick A, Brown R, Vrickmer S et al. (2001) Hand-held portable sonographie for the on-mountain exclusion of a pneumothorax. Wilderness Environ Med 12:270-272
- 52 Kreimeier U, Lackner Chr, Prückner S, Ruppert M, Peter K. (2003) Neue Strategien der Volumenersatztherapie beim Polytrauma. Notfall & Rettungsmedizin 6:77-88
- 53 Krettek C, Simon R, Tscherne H (1998) Management priorities in patients with polytrauma. Langenbecks Arch Chir 383:220-227
- 54 Kowalenko T, Stern S, Dronen S, Wang X (1992) Improved outcome with hypotensive resuscitation of uncontrolled hemorrhagic shock in a swine model. J Trauma 33:349-353
- 55 Krausz M, Bar-Ziv M, Rabinovici R, Gross D (1992) 'Scoop and Run' or stabilized hemorrhagic shock with normal saline or small-volume hypertonic saline? J Trauma 33:6-10
- 56 Lackner Chr, Arends W, Ruppert M, Reith MW  
Referenz-CD Notfallmedizin, ANR
- 57 Lang, Ursula Friederike (2002) Oktoberfest-Triage-Evaluationsstudie 1998 (OTES '98) Prospektive Beobachtungsstudie zur Sichtungsqualität von Notfallpatienten unter katastrophenmedizinischen Gesichtspunkten, [http://edoc.ub.uni-muenchen.de/archive/00000363/01/Lang\\_Ursula.pdf](http://edoc.ub.uni-muenchen.de/archive/00000363/01/Lang_Ursula.pdf).
- 58 Langlois S (2003) Training in portable ultrasound for civilian an military use. Abstract, 13<sup>th</sup> world congress of disaster an emergency medicine, Melbourne
- 59 Lechleutner A, Lefering R, Bouillon B, Lentke E, Vorweg M, Tiling T (1994) Prehospital detection of uncontrolled hemorrhage in blunt trauma. Eur J Emerg Med 1:13-18
- 60 Liu M, Lee CH, Peng FK (1993) Prospective comparison of diagnostic peritoneal lavage, computed tomographic scanning and ultrasonography for the diagnosis of blunt abdominal trauma. J Trauma 35:267-275
- 61 Ma J, Mateer J, Ogata M, Kefer M, Wittmann D, Aprahamian C (1995) Prospective analysis of a rapid trauma ultrasound examination performed by emergency physicians. J Trauma 38:879-885

- 62 Ma OJ, Kefer MP, Stevison KF, Mateer JR. (2001) Operative versus nonoperative management of blunt abdominal trauma: Role of ultrasound-measured intraperitoneal fluid levels. *Am J Emerg Med.* 19:284-286
- 63 Martin RR, Bickell WH, Pepe PE, Burch JM, Mattox KL (1992) Prospective evaluation of preoperative fluid resuscitation in hypotensive patients with penetrating truncal injury: A preliminary report. *J Trauma* 33:354-361
- 64 Marzi I, Mutschler W (1996) Strategie der operativen Versorgung des Polytraumas. *Zentralbl Chir* 121:950- 962
- 65 Malhotra A, Fabian T, Croce M, Gavin T, Kudsk K, Minard G, Pritchard E (2000) Blunt hepatic injury: A paradigm shift from operative to nonoperative management in the 1990s. *Ann Surg* 231:804-813
- 66 Malhotra A, Lattifi R, Timothy F, Ivatury R, Dhage S, Bee T, Miller P, Groce M, Yelon J (2003) Multiplicity of solid organ injury: influence on management and outcome after blunt abdominal trauma. *J Trauma* 54:925-929
- 67 Meredith J, Young J, Roboussin D (1994) Nonoperative management of blunt hepatic trauma: The exception or the rule? *J Trauma* 36:529-534
- 68 McGahan J, Richards J, Gillen M (2002) The focused abdominal sonogram for trauma scan: pearls and pitfalls. *J Ultrasound Med* 21:789-800
- 69 Mc Kenney M, Martin L, Lentz K, Lopez C, Sleemann D, Aristide G, Kirton O, Nunez D, Najjar R, Namias N, Sosa J (1996) 1,000 consecutive ultrasounds for blunt abdominal trauma. *J Trauma* 40:607-610
- 70 Mc Kenny K, (1999) Ultrasound of blunt abdominal trauma. *Adv. Emerg Radiol* 37:879-893
- 71 McKenney K, McKenney M, Cohn S, Compton R, Nunez D, Dolich M, Namias N (2001) Hemoperitoneum score helps determine need for therapeutic laparotomy. *J Trauma* 50:650-654
- 72 Melanson S, McCarthy J, Kostenbader J, Heller M (2001) Aeromedical trauma sonography by flight crews with a miniature ultrasound unit. *Prehosp Emerg Care* 5:399-402
- 73 Mutschler W, Marzi I, Ziegenfuß T, (1996) Perspektiven der Polytraumaversorgung. *Zentralbl Chir* 121:979 - 984
- 74 Mutschler W, Marzi I (1996) Polytraumamanagement, *Zentralbl Chir* 121:895

- 75 Nast-Kolb D, (2001) Thorakale und abdominelle Verletzungen beim Polytrauma- was ist neu ? Kongressbericht 61. Jahrestagung der DGU, Hefte zu der Unfallchirurg
- 76 Nast-Kolb D, Waydhas C, Kanz K-G, Schweiberer L (1994) Algorithmus für das Schockraummanagement beim Polytrauma, Unfallchirurg 97:292-302
- 77 Nast-Kolb D, Waydhas C, Kastl S, Duswald K-H, Schweiberer L (1993) Stellenwert der Abdominalverletzung für den Verlauf des Polytraumatisierten. Chirurg 64:552-559
- 78 Nast-Kolb D, Trupka A, Ruchholz S, Schweiberer L (1998) Abdominaltrauma. Unfallchirurg 101:82-91
- 79 Netter F.H. Atlas der Anatomie des Menschen, Thieme (1997)
- 80 Oberbeck R, Pape H.C., Bastian L, Pohlemann T, Weimann A, Tschernhe H (2002) Laparotomiepflichtiges stumpfes Bauchtrauma nach Polytrauma - eine Analyse bei 342 Patienten, Hefte zu der Unfallchirurg, 62. Jahrestagung DGU
- 81 Otte D., Pohlemann T., Wiese B, Krettek C (2003) Änderung des Verletzungsmusters Polytraumatisierter in den zurückliegenden 30 Jahren; Unfallchirurg 106:448-455
- 82 Pachter L, Knudson M, Esrig B et al (1996) Status of nonoperative management of blunt hepatic injuries in 1995: A multicenter experience with 404 patients. J Trauma 40:31-38
- 83 Peter H, Waidringer JW (2001) Vielzahl von Verletzten und Erkrankten in : Lipp R, Domres B (Hrsg.) Lehrbuch für präklinische Notfallmedizin, Stumpf & Kossendey, Edeweicht LPN 4:263-290
- 84 Poletti P, Kinkel K, Vermeulen B, Irmay F, Unger P, Terrier F (2003) Blunt abdominal trauma: should US be used to detect both, free fluid and organ injuries? Radiology 227:95-103
- 85 Rall M, Schaedle B, Zieger J, Naef W, Weinlich M (2002) Neue Trainingsformen und Erhöhung der Patientensicherheit-Sicherheitskultur und integrierte Konzepte. Unfallchirurg 105:1033-1042
- 86 Rathaus V, Zissin R, Werner M, Erez I, Shapiro M, Grunebaum M, Konen O. (2001) Minimal pelvic fluid in blunt abdominal trauma in children: the significance of this sonographic finding. J Pediatr Surg 36:1387-1389.
- 87 Rebentisch E (1986) Der Massenanfall an Hilfebedürftigen – ein Synonym zum Begriff „Katastrophe“ oder nicht ? Notarzt 2:110

- 88 Regel G, Seekamp A, Pohlemann T, Schmidt U, Bauer H, Tscherne H (1998) Muß der verunfallte Patient vor dem Notarzt geschützt werden ? Unfallchirurg, 101:160-175
- 89 Roetmann B., Wick M., Köller M., Müller E.J., Muhr G. (2002) Wie beeinflusst die Primärversorgung an Kliniken unterschiedlicher Versorgungsstufen den klinischen Verlauf polytraumatisierter Patienten ? Hefte zu der Unfallchirurg 66. Jahrestagung der DGU
- 90 Rose J, Bair A, Mandavia D, Kinser D (2001) The UHP ultrasound protocol: a novel ultrasound approach to the empiric evaluation of the undifferentiated hypotensive patient. Am J Emerg Med 4:299-302
- 91 Rozycki GS, Ochsner MG, Feliciano DV, Thomas B, Boulanger BR, Davis FE, Falcone RE, Schmidt JA (1998) Early detection of hemoperitoneum by ultrasound examination of the right upper quadrant: a multicenter study J Trauma 45:878-883
- 92 Rozycki GS, Ochsner MG, Schmidt JA, Frankel HL, Davis TP, Wang D, Champion HR (1995) A prospective study of surgeon-performed ultrasound as the primary adjuvant modality for injured patient assessment J Trauma 39:492-500
- 93 Rozycki GS, Feliciano D, Schmidt J, Cushman J, Sisley A, Ingram W, Ansley J (1996) The role of surgeon-performed ultrasound in patients with possible cardiac wounds. Ann Surg 223:737-744
- 94 Rozycki GS, Ochsner MG, Jaffin JH, Champion HR (1993) Prospective evaluation of surgeons use of ultrasound in the evaluation of trauma patients. J Trauma 34:516-527
- 95 Rozycki GS, Shackford S (1996) Ultrasound, what every trauma surgeon should know. J Trauma 40:1-4
- 96 Rozycki GS, Newman PG (1999) Surgeon-performed ultrasound for the assesment of abdominal injuries. Adv Surg 33:243-259
- 97 Rozycki G, Ballard RB, Feliciano DV, Schmidt JA, Pennington SD (1998) Surgeon-performed ultrasound for the assesment of truncal injuries : lessons learned from 1540 patients. Ann Surg 228:557-567
- 98 Ruchholtz S, Nast-Kolb D, Waydhas C, Betz P, Schweiberer L (1994) Frühletalität beim Polytrauma. Unfallchirurg 97:285-291

- 99 Sarkisian A, Khoudkarian R, Amirbekian N, Bagdasarian N, Khojayan R, Oganessian Y (1991) Sonographic screening of mass casualties for abdominal and renal injuries following the 1988 Armenian earthquake. *J Trauma* 31:247-250
- 100 Schächinger U, Kretschmer R, Röcklein W, Neumann C, Nerlich M (2000) NOAH – A mobile emergency care system. *Eur J Med Res* 5:13-18
- 101 Scherer J, Wiesend K, Maass A, Höcherl E. (1999) Reduktion der „door to treatment time“ durch einen neuen Schockraum-Algorithmus-Effizienz in der Diagnostik und Behandlung beim Polytrauma. Hefte zu der Unfallchirurg, 63. Jahrestagung der DGU
- 102 Schlotterbeck K, Fraunhofer J, Hübner H, Moshage W. (2003) Einsatz eines tragbaren Echocardiographiegerätes bei Notfallpatienten. *Intensivmed* 40:125-129
- 103 Schmelz A, Ziegler D, Beck A, Kinzl L, Gebhard F (2002) Akutstationäre Behandlungskosten polytraumatisierter Patienten. *Unfallchirurg* 105:1043-1048
- 104 Schnabel M, Klinger O, Garrel V.T., Gotzen L. (1998) Die „golden hour“ im Spannungsfeld der präklinischen Notfallmedizin, Hefte zu der Unfallchirurg 62. Jahrestagung der DGU
- 105 Sherman H, Savage B, Jones L, Barette R, Latenser B, Varcelotti J, McAuley C, Jones R, Myers A (1994) Nonoperative management of blunt hepatic injury: safe at any time? *J Trauma* 37:616-621
- 106 Sisley A, Rozycki G, Ballard R, Namlas N, Salomone J, Feliciano D (1998) Rapid detection of traumatic effusion using surgeon-performed ultrasonography. *J Trauma* 44:291-296
- 107 Smith S, Kern S, Fry W, Helmer S (1998) Institutional learning curve of surgeon-performed trauma ultrasound. *Arch Surg* 133:530-535
- 108 Stengel D, Bauwens K, Sehoul J, Nantke J, Ekkernkamp A (2001) Discriminatory power of 3.5 MHz convex and 7.5 MHz linear ultrasound probes for the imaging of traumatic splenic lesions: a feasibility study. *J Trauma* 51:37-43
- 109 Stratmann D (1991) Lagebewältigung durch den LNA. In : Seifrin P, Knuth P, Stratmann D (Hrsg.) *Handbuch für den leitenden Notarzt*. Ecomed, Landsberg/Lech 1-18
- 110 Stratmann D (1994) Vernünftiges Handeln beim Massenanfall von Patienten. *Der Notarzt* 10:16-18



- 111 Stratmann D (2003) Strategien des Rettungsdienstes – Konsequenz nach dem 11. September 2001. *Notfall & Rettungsmedizin* 6:102-106
- 112 Sturm J-A, Lackner Chr.K, Bouillon B, Seekamp A, Mutschler W.E. (2002) "Advanced Trauma Life Support" (ATLS) und "Systematic Prehospital Life Support" (SPLS) *Unfallchirurg* 105:1027-1032
- 113 Sudowe H. (2004) Das „Richtige“ tun: Entscheiden und Handeln im Rettungsdienst, *Rettungsdienst* 3.27:40-45
- 114 Thomas B, Falcone R, Vasquez D, Santanello S, Townsend M, Hockenberry S, Innes J, Wanamaker S (1997) Ultrasound evaluation of blunt abdominal trauma: Program implementation, initial experience, and learning curve. *J Trauma* 42: 384-388
- 115 Tso P, Rodriguez A, Cooper C, Militello P, Mirvis S, Badellino M, Boulanger B, Foss F, Hinson D, Mighty H, Nasrallah D, Raimonde A, Yates W, Yuschak J (1992) Sonography in blunt abdominal trauma: a preliminary progress report. *J Trauma* 38:39-44
- 116 Udobi K, Rodriguez A, Chiu W, Scalea T (2001) Role of ultrasonography in penetrating abdominal trauma: A prospective clinical study. *J Trauma* 50:475-479
- 117 Vock B, Hochstein P, Wentzensen A. (1998) Welche initialen diagnostischen und therapeutischen Maßnahmen sind dem Mehrfachverletzten in der präklinischen und klinischen Reanimationsphase zumutbar ? Hefte zu der Unfallchirurg, 62. Jahrestagung der DGU
- 118 Walcher F, Kortüm S, Kirschning T, Weihgold N, Marzi I (2002) Optimierung des Traumamanagements durch präklinische Sonographie. *Unfallchirurg* 105:986-994
- 119 Walcher F, Maier B, Marzi I, Mutschler W (2000) Management of the multiply injured patient. In: *Surgical techniques in Orthopaedics and Traumatology*. Editions Scientifiques et Médicales Elsevier SAS, Paris
- 120 Wheaton DJ, Tsalamandris K (2000) Delayed presentation of abdominal bleeding in a teenage boy after a fall. *Am J Emerg Med* 18:78-82
- 121 Wherett L, Boulanger B, McLellan B, Brenneman F, Rizoli S, Culhane J, Hamilton P (1996) Hypotension after blunt abdominal trauma: The role of emergent abdominal sonographie in surgical triage. *J Trauma* 41:815-820

- 122 Wiegand H, Bundeswehr - Mobilität als neuer Schwerpunkt (2004)  
[http://bundeswehr.de/forces/sanitätsdienst/040623\\_friedrichshafen.php](http://bundeswehr.de/forces/sanitätsdienst/040623_friedrichshafen.php)
- 123 Witting, Smithline (1996) Shock index versus Tilt test. Acad Emerg Med. 3:927-931
- 124 Ziegenfuß T. (1996) Erstversorgung des Polytraumatisierten. Zentralbl Chir 121: 924-942
- 125 Zigragg K, Büchler M.W. (1998) Situationsangepasste Operationstechnik nach stumpfem Bauchtrauma, Hefte zu Der Unfallchirurg, 62. Jahrestagung der DGU
- 126 Zintl B, Eich S, Kanz K-G, Wiedemann E. (1999) Versorgungsstrategien beim penetrierenden Trauma des Körperstammes im Vergleich zur schweren stumpfen Mehrfachverletzung. Hefte zu der Unfallchirurg, 63. Jahrestagung der DGU

## **9. Danksagung**

Herrn Prof. Dr. I. Marzi danke ich für die Überlassung des Themas und die freundliche Unterstützung bei meiner Arbeit.

Herrn Dr. F. Walcher, wissenschaftlicher Leiter und Betreuer des Gesamtprojekts „Präklinische Sonographie“ danke ich für seine konsequente und zielstrebige Unterstützung sowie freundschaftliche Betreuung, die Nächte unermüdlicher Entwicklung und für die vielen gemeinsamen Meetings und Kongresse.

Herrn Dr. S. Kortüm danke ich dafür, daß er mich für die Promotionsarbeit nach Frankfurt geholt und sie logistisch ermöglicht hat. Weiterhin für die freundschaftliche Hilfe, Beratung und Unterstützung.

Herrn Branddirektor Prof. h.c. Dipl. Ing. R. Ries und seinen Mitarbeitern, insbesondere Herrn Georg Jung danke ich für das Realisieren der Arbeit seitens der Branddirektion als Träger des Rettungsdienstes.

Danken möchte ich auch der Firma Metrax / Rottweil für die Leihgabe des Ultraschallgerätes, insbesondere Herrn Jürgen Bucher, Herrn Joachim Burger und Herrn Roberto Leyh für die gute Zusammenarbeit während der Entwicklung des Gerätes.

Meinem Bruder Michael danke ich für die Hilfe bei der Protokollerstellung, seine konstruktive Kritik und die langen, hilfreichen Diskussionen sowie für die lange Unterkunftszeit bei ihm in Frankfurt.

Besonders danken möchte ich meinen Eltern, die es mir ermöglicht haben Medizin zu studieren und deren Unterstützung ich mir jederzeit gewiß sein kann.

## 10. Curriculum vitae



Name: Thomas Kirschning  
 geboren: 09.09.1975 in Bünde  
 Nationalität: Deutsch  
 Familienstand: ledig

### Schulbildung

1982 bis 1986 Besuch der Grundschule in Lübbecke  
 1986 bis 1995 Besuch des Söderblom-Gymnasiums in Espelkamp und Erlangung der Hochschulreife

### Zivildienst

1995 bis 1996 Ausbildung zum Rettungsassistenten und Zivildienst beim Rettungsdienst des Kreises Minden-Lübbecke

### Berufsausbildung

1999 bis 2001 Ausbildung zum Rettungsassistenten in Minden/Westfalen

### Hochschulstudium

Herbst 1996 Beginn Studiums der Humanmedizin an der LMU München  
 Herbst 1997 wissenschaftl. Aufenthalt an der University of Michigan in Ann Arbor  
 März 1999 **Ärztliche Vorprüfung** (Physikum) an der LMU München  
 Herbst 1999 Famulatur in der Anästhesie an der MHH Hannover  
 März 2000 **1. Staatsexamen** an der LMU München  
 Frühjahr 2000 Famulatur in der Unfallchirurgie KHS München-Schwabing  
 Frühjahr 2001 Famulatur in der Orthopädie Frankfurt-Friedrichsheim  
 Frühjahr 2001 Famulatur und Lehrtätigkeit am Frankfurter Institut für Rettungsmedizin und Notfallversorgung der Berufsfeuerwehr Frankfurt  
 2001 bis 2002 Promotionsarbeit bei der Klinik für Unfall-, Hand-, und Wiederherstellungschirurgie der JWGo- Universität Frankfurt in Zusammenarbeit mit dem Frankfurter Institut für Rettungsmedizin und Notfallversorgung  
 März 2003 **2. Staatsexamen** an der LMU München  
 2003 bis 2004 Praktisches Jahr in Augsburg und Traunstein  
 Oktober 2004 **3. Staatsexamen** an der LMU München  
 November 2004 Erlangung der **Approbation**  
 Seit Januar 2005 Assistenzarzt in der Klinik für Anästhesiologie, Intensivmedizin und Schmerztherapie der Johann Wolfgang Goethe-Universität, Frankfurt am Main, Direktor: Prof. Dr. Bernhard Zwißler

## 11. Veröffentlichungen & Vorträge

### Literatur

Walcher F, Weinlich M, Conrad G, Schweigkofler U, Breitzkreutz, **Kirschning T**, Marzi I (2006)

Prehospital ultrasound imaging improves management of abdominal trauma  
Br J Surg 93:238-242

Walcher F, Kortüm S, **Kirschning T**, Weihgold N, Marzi I (2002)

Optimierung des Traumamanagements durch präklinische Sonographie  
Unfallchirurg 105:986-994

Walcher F, **Kirschning T**, Breitzkreutz R

Notfalldiagnostik / Basisvitaldiagnostik, Sonographie beim traumatologischen Patienten  
Ultraschall in der Anästhesie  
Grau, Deutscher Ärzteverlag (in press)

### Vorträge

**Kirschning T**, Walcher F

30 Jahre Ärztlicher Rettungsdienst – was bringt die Zukunft ?  
Notfallsonographie im Rettungsdienst  
Seehausen, Notfallsymposium 2005

Walcher F, Breitzkreutz R, **Kirschning T**

Prehospital ultrasound improves trauma care  
1st World Congress on Ultrasound in Emergency and Intensive Care  
Mailand, Italien 2005

Walcher F., **Kirschning T**

Ultrasound in prehospital emergencies  
XVII European Congress of Ultrasound in Medicine and Biology  
Euroson, Genf 2005

Walcher F, **Kirschning T**

Expertengespräch Sonographie im Rettungsdienst - pro und contra  
22. Fortbildungstagung für Notfallmedizin der agbn,  
Berchtesgaden 2005

**Walcher F, Kirschning T**

Diagnostik, Therapie und Logistik im Rettungsdienst hier: Präklinische Sonographie  
Symposium Intensivmedizin + Intensivpflege  
Bremen 2005

**Walcher F, Kirschning T**

Pro und Contra-Gespräch: Präklinische Sonographie  
Veranstaltung: AGSWN  
Baden-Baden 2005

**Walcher F, Kirschning T**

Präklinische Sonographie  
Veranstaltung: NOSTRA-Notfallsymposium  
Lübeck-Travemünde 2005

**Kirschning T, Walcher F**

Präklinische Sonographie  
Rescu04, Amberg 2004

**Walcher F, Weihgold N, Kirschning T, Peitz F, Conrad G, Kortüm S, Marzi I,**  
Die präklinische Sonographie in der Primärrettung – Ergebnisse einer Multicenterstudie  
mit 200 Fällen  
121. Kongress der deutschen Gesellschaft für Chirurgie, Berlin 2004

**Walcher F, Conrad G, Braun J, Breitzkreuz R, Kortüm S, Kirschning T, Weihgold N,**  
**Marzi I**  
Ist die präklinische Sonographie eine sinnvolle Erweiterung der notärztlichen  
Diagnostik? Erfahrungen nach Implementierung eines neuen Kurskonzeptes  
51. Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Anästhesiologie und Intensivmedizin,  
Nürnberg 2004

**Walcher F, Kirschning T**

Präklinische Sonographie - ein Gewinn ?  
5. Oldenburger Nofall-Symposium,  
Oldenburg 2004

**Walcher F, Kortüm S, Kirschning T, Weihgold N, Marzi I**

Optimierung des Polytraumamanagements durch Präklinische Sonographie  
120. Kongress der deutschen Gesellschaft für Chirurgie, München 2003

**Kirschning T**

Prehospital ultrasound in trauma care  
Medica, Düsseldorf 2003

Walcher F, Kortüm S, Peitz F, **Kirschning T**, Breitzkreutz R, Weihgold N, Marzi I  
Prehospital ultrasound improves surgical triage  
13<sup>th</sup> world congress of disaster and emergency medicine, Melbourne 2003

Breitzkreutz R, Seeger F, Fürbeth N, **Kirschning T**, Kortüm S, Walcher F  
Prehospital echocardiography – a new diagnostic tool for pulselessness and  
resuscitation management.  
13<sup>th</sup> world congress of disaster and emergency medicine, Melbourne 2003

Walcher F, Kortüm S, **Kirschning T**, Weinlich M, Heinz W, Marzi I.  
Präklinische Sonographie – Ergebnisse einer Pilotstudie bodengebundener  
Rettungsmittel und Entwicklung eines Kooperationsprojektes in der Luftrettung.  
Weltkongress Airmed, Interlaken, Schweiz 2002

Walcher F, Kortüm S, **Kirschning T**, Weihgold N, Marzi I  
Präklinische Ultraschalldiagnostik - Aussagewert und klinische Relevanz  
6. Deutscher Interdisziplinärer Kongress für Intensiv- und Notfallmedizin, Hamburg  
2002

**Kirschning T**, Walcher F, Kortüm S, Weihgold N, Marzi I  
Präklinische Sonographie - Ergebnisse der Pilotstudie in Frankfurt am Main  
Seminar Notfallmedizin und Rettungsdienst, Frankfurt 2002

Kortüm S, **Kirschning T**, Weihgold N, Walcher F  
Prehospital ultrasound in the management of severe trauma - First results of a  
prospective study  
6<sup>th</sup> Scientific Congress of the European Resuscitation Council, Florenz 2002

Kortüm S, **Kirschning T**, Maier B, Marzi I  
Prehospital ultrasound improves trauma management – First results of a prospective  
Study. 5<sup>th</sup> European Trauma Congress, Wien 2002

## **CD**

Walcher F, **Kirschning T** (2005)  
Präklinische Sonographie (Fa. Metrax, Rottweil)

## 12. Erklärung

Ich erkläre ehrenwörtlich, daß ich die dem Fachbereich Medizin der Johann Wolfgang Goethe-Universität Frankfurt am Main zur Promotionsprüfung eingereichte Arbeit mit dem Titel „Evaluation der präklinischen Sonographie traumatisierter Patienten“ in der Klinik für Unfall-, Hand- und Wiederherstellungschirurgie der Johann Wolfgang Goethe-Universität Frankfurt am Main unter Leitung von Herrn Prof. Dr. med. I. Marzi mit Unterstützung durch Herrn Dr. med. Felix Walcher und Herrn Dr. med. Stefan Kortüm (Frankfurter Institut für Rettungsmedizin & Notfallversorgung der Berufsfeuerwehr Frankfurt am Main) ohne sonstige Hilfe selbst durchgeführt und bei der Abfassung der Arbeit keine anderen als die in der Dissertation angeführten Hilfsmittel benutzt habe.

Ich habe bisher an keiner in- oder ausländischen Universität ein Gesuch um Zulassung zur Promotion eingereicht. Die vorliegende Arbeit wurde bisher nicht als Dissertation eingereicht. Die vorliegende Arbeit wurde in folgendem Publikationsorgan veröffentlicht:

Der Unfallchirurg

Walcher F, Kortüm S, Kirschning T, Weihgold N, Marzi I (2002)

Optimierung des Traumamanagements durch präklinische Sonographie.

Unfallchirurg 105:986-994

---

Thomas Kirschning